

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO PARA
USO EN MAMPOSTERÍAS**

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**ALBÁN CLAVIJO BLANCA MARIBEL
GUALOTUÑA MARTÍNEZ EDWIN GUSTAVO**

DIRECTOR: ING. GUILLERMO REALPE RIVADENEIRA

QUITO, NOVIEMBRE DEL 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, Blanca Maribel Albán Clavijo y Edwin Gustavo Gualotuña Martínez, declaramos que el trabajo aquí desarrollado es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Politécnica Salesiana, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por las normas institucionales vigentes.

Blanca Maribel Albán Clavijo

Edwin Gustavo Gualotuña Martínez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por: Blanca Maribel Albán Clavijo y Edwin Gustavo Gualotuña Martínez, bajo mi supervisión y que cumple condiciones básicas de un proyecto de Ingeniería Civil.

Ing. Guillermo Realpe Rivadeneira

DIRECTOR DE PROYECTO

RESUMEN EJECUTIVO

ESTUDIO DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO PARA USO EN MAMPOSTERÍAS

La finalidad de la presente investigación es la fabricación de un panel conformado de Fibrocemento y espuma rígida de Poliuretano denominado “Panel de Fibropoliuretano”, y su posible utilización como mampostería en general.

Para llegar a la premisa indicada, este nuevo producto en primera instancia debe ser analizado en laboratorio, enfrentadosé a solicitaciones de cargas, estos resultados serán los indicadores que calificarán el proceso de fabricación desarrollado, como homogéneo, y proporcionarán, su caracterización específica. Se genera por tanto la Etapa 1 de esta investigación que se denomina “Fabricación y estudio de Paneles de Fibropoliuretano en su fase de laboratorio”

El análisis inicia con el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales componentes del Panel: Fibrocemento y Poliuretano. Propiedades que no representan una variante para este estudio.

La metodología que se ha seguido para este estudio, parte de la fabricación del panel, selección de normas de referencia de ensayos, distribución de la extracción de especímenes en el panel, ensayos de laboratorio, hasta llegar al análisis de los resultados obtenidos en los ensayos.

El proceso estandarizado para su fabricación, ha determinado:

- Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano.
- Tiempo y velocidad de mezclado correctos de la espuma de poliuretano.
- Densidad correcta de la espuma de poliuretano.
- Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano.
- Forma de vertido correcto de la espuma de poliuretano.

Esta investigación está sustentada en las normas de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM *American Society for Testing and Materials*), y en su comité específico llamado D30 que maneja los materiales compuestos.

Para este análisis se ha realizado el ensayo de 4 paneles. A los 3 primeros se los ha confrontado a propiedades físicas y mecánicas y al 4to a un proceso de envejecimiento en laboratorio; todo esto con el fin de encontrar la homogeneidad de los mismos y sus respuestas ante las solicitaciones enfrentadas.

El impacto al medio ambiente que puede generar este estudio, se delimitó únicamente a su fabricación en etapa de laboratorio, sin embargo, se tomó en cuenta que este estudio ambiental puede servir como base de soporte a su posible fabricación, si es el caso, en serie o en forma industrial.

Luego de analizar todo lo anteriormente expuesto, se concluye indicando que los Paneles de Fibropoliuretano en la Etapa 1 de estudio, califican como homogéneos, alcanzándose el objetivo específico de esta etapa.

Se termina esta investigación con un primer intento de describir las propiedades y características específicas del producto.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I ASPECTOS GENERALES

	Página
1. Aspectos Generales.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación del proyecto.....	3
1.2.1. Informalidad de la construcción.....	5
1.2.2. Estudio del déficit de vivienda en el Ecuador.....	6
1.2.2.1. Estudio de los ingresos y gastos de los sectores demandantes por quintiles de población.....	6
1.2.2.2. Tenencia de vivienda por quintiles de población.....	9
1.2.2.3. Tenencia de viviendas por disponibilidad de servicios básicos.....	11
1.3. Descripción y alcance del proyecto.....	14
1.4. Objetivos y metas del proyecto.....	15
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivos específicos.....	16

CAPITULO II DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL PANEL

2. Definición y selección de componentes del panel.....	17
2.1. Definición, Panel Tipo Sándwich.....	17
2.2. Selección de componentes.....	18
2.2.1. Materiales de capa delgada, que conforman las caras.....	18
2.2.1.1. Planchas de Gypsum.....	18
2.2.1.2. Planchas de Madera: aglomerado, MDF, melamínico.....	20
2.2.1.3. Planchas de Metal.....	21

2.2.1.4.	Planchas de Fibrocemento.....	22
2.2.1.5.	Comparación de Planchas, que pueden emplearse como caras en la fabricación de Paneles Sándwich y selección de la más conveniente.....	22
2.2.2.	Materiales de capa gruesa, que conforma el núcleo.....	27
2.2.2.1.	Poliestireno.....	27
2.2.2.2.	Poliuretano.....	29
2.2.2.3.	Comparación de elementos aislantes, que pueden emplearse como núcleo en la fabricación de Paneles Sándwich y selección del más conveniente.....	30
2.3.	Especificaciones técnicas de los Materiales Componentes.	32
2.3.1.	Planchas de Fibrocemento.....	32
2.3.1.1.	Especificaciones Físicas.....	37
2.3.1.2.	Especificaciones Mecánicas.....	40
2.3.1.3.	Recomendaciones.....	42
2.3.2.	Poliuretano.....	43
2.3.2.1.	Especificaciones Físicas.....	48
2.3.2.2.	Recomendaciones.....	49

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.	Metodología de la Investigación.....	50
3.1.	Fabricación de Paneles de Fibropoliuretano.....	51
3.2.	Selección de Normas de referencia.....	53
3.3.	Ensayos de laboratorio.....	55

CAPÍTULO IV

PROCESO DE FABRICACIÓN

4.	Proceso de Fabricación.....	56
----	-----------------------------	----

4.1.	Requisitos.....	57
4.1.1.	Equipo de seguridad.....	59
4.1.2.	Herramientas y maquinarias.....	62
4.2.	Desarrollo del proceso de fabricación de los paneles de Fibropoliuretano.....	69
4.2.1.	Verificación del estado de componentes ó materia prima....	69
4.2.1.1.	Verificación del Fibrocemento.....	71
4.2.1.2.	Verificación del Poliuretano.....	72
4.2.1.3.	Selección de materia prima adicional.....	74
4.2.1.4.	Almacenamiento de los paneles y materia prima.....	76
4.2.2.	Elaboración de molde para la fabricación de paneles.....	77
4.2.2.1.	Selección de materiales a usarse.....	78
4.2.2.2.	Manipulación de materiales.....	79
4.2.2.3.	Proceso de medida y de corte de materiales.....	79
4.2.2.4.	Proceso de soldadura de metales.....	80
4.2.2.5.	Proceso de Pulido de metales y afinamiento de molde.....	81
4.2.2.6.	Manipulación y almacenamiento del molde.....	81
4.2.3.	Pre-investigación para la mezcla de componentes de la espuma de poliuretano.....	82
4.2.3.1.	Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano.....	83
4.2.3.2.	Tiempo y velocidad de mezclado de la espuma de poliuretano.....	85
4.2.3.3.	Densidad de la espuma de poliuretano.....	86
4.2.3.4.	Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano....	87
4.2.3.5.	Forma de vertido de la espuma de poliuretano.....	89
4.2.4.	Fabricación de Paneles de Fibropoliuretano - Manual de Fabricación.....	91
4.2.4.1.	Manipulación de materia prima.....	91
4.2.4.2.	Proceso de corte y modulación de paneles de Fibrocemento.....	92
4.2.4.3.	Colocación de desmoldante, de la 1era plancha y trazado para el vertido.....	93

4.2.4.4.	Conformación del panel.....	94
4.2.4.5.	Tiempo de secado del Panel.....	95
4.2.4.6.	Retiro del panel del molde.....	95
4.2.4.7	Verificación de la calidad del producto.....	96
4.2.4.8	Almacenamiento del Panel.....	97
4.2.5.	Eliminación de residuos.....	97
4.2.5.1.	Manipulación de residuos.....	97
4.2.5.2.	Disposición final de residuos.....	98

CAPÍTULO V

NORMAS DE REFERENCIA

5.	Normas de Referencia.....	99
5.1.	Instituciones Normativas.....	99
5.1.1.	Institución Normativa Nacional.....	100
5.1.2.	Instituciones Normativas Internacionales.....	101
5.2.	Análisis de Normas.....	108
5.2.1.	Propiedades Físicas.....	108
5.2.1.1.	Dimensiones.....	109
5.2.1.2.	Densidad.....	109
5.2.1.3.	Absorción.....	110
5.2.1.4.	Envejecimiento.....	110
5.2.2.	Propiedades Mecánicas.....	111
5.2.2.1.	Tracción.....	112
5.2.2.2.	Compresión.....	113
5.2.2.3.	Corte.....	114
5.2.2.4.	Flexión.....	115
5.3	Distribución de especímenes en el panel.....	117
5.3.1.	Distribución panel N° 1.....	124
5.3.2	Distribución panel N° 2.....	124
5.3.3.	Distribución panel N° 3.....	125
5.3.4.	Distribución panel N° 4.....	125

CAPÍTULO VI

ENSAYOS DE LABORATORIO

6.	Ensayos de laboratorio.....	126
6.1.	Dimensiones.....	126
6.2.	Densidad.....	129
6.3.	Absorción.....	131
6.4.	Envejecimiento.....	135
6.5.	Tracción.....	153
6.6.	Compresión.....	159
6.7.	Corte.....	162
6.8.	Flexión.....	166
6.8.1.	Flexión – viga.....	167
6.8.2.	Flexión.....	171

CAPÍTULO VII

RESULTADOS

7.	Resultados.....	175
7.1.	Resultados Panel N°1.....	176
7.1.1.	Propiedades Físicas.....	176
7.1.1.1.	Densidad.....	176
7.1.1.2.	Absorción.....	178
7.1.2.	Propiedades Mecánicas.....	179
7.1.2.1.	Tracción.....	179
7.1.2.2.	Corte.....	180
7.1.2.3.	Flexión- viga.....	181
7.1.2.4.	Flexión.....	181
7.1.3.	Resumen Panel N° 1.....	182
7.2.	Resultados Panel N° 2.....	183
7.2.1.	Propiedades Físicas.....	183
7.2.1.1.	Densidad.....	183
7.2.1.2.	Absorción.....	184

7.2.2.	Propiedades Mecánicas.....	185
7.2.2.1.	Tracción.....	185
7.2.2.2.	Corte.....	185
7.2.2.3.	Flexión- viga.....	186
7.2.2.4.	Flexión.....	187
7.2.3.	Resumen Panel N° 2.....	188
7.3.	Resultados Panel N° 3.....	188
7.3.1.	Propiedades Físicas.....	188
7.3.1.1.	Densidad.....	188
7.3.1.2.	Absorción.....	189
7.3.2.	Propiedades Mecánicas.....	190
7.3.2.1.	Tracción.....	190
7.3.2.2.	Corte.....	191
7.3.2.3.	Flexión- viga.....	192
7.3.2.4.	Flexión.....	192
7.3.3.	Resumen Panel N° 3.....	193
7.4.	Resultados Panel N° 4.....	194
7.4.1.	Propiedad Física – Envejecimiento.....	194

CAPÍTULO VIII

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PANELES DE FIBROPOLIURETANO

8.	Evaluación de Impacto Ambiental de los Paneles de Fibropoliuretano.....	195
8.1.	Análisis de propiedades.....	195
8.1.1.	Propiedades Físicas.....	197
8.1.1.1.	Propiedades Físicas Paneles de Fibrocemento.....	197
8.1.1.2.	Propiedades Físicas Poliuretano Rígido.....	198
8.1.1.3.	Propiedades Físicas Paneles de Fibropoliuretano.....	200
8.1.2.	Propiedades Químicas.....	200
8.1.2.1.	Propiedades Químicas Paneles de Fibrocemento.....	200

8.1.2.2.	Propiedades Químicas Poliuretano Rígido.....	201
8.1.2.3.	Propiedades Químicas Paneles de Fibropoliuretano.....	203
8.1.3.	Riesgos y/o posibles afecciones tóxicas.....	203
8.1.3.1.	Riesgos Paneles de Fibrocemento.....	204
8.1.3.2.	Riesgos Poliuretano Rígido.....	213
8.1.3.3.	Riesgos Paneles de Fibropoliuretano.....	217
8.2.	Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental.....	221
8.2.1.	Conclusiones y Recomendaciones Medio Ambientales.....	234
8.2.1.1.	Conclusiones.....	231
8.2.1.2.	Recomendaciones.....	231

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.	Conclusiones y Recomendaciones.....	233
9.1.	Conclusiones.....	233
9.1.1.	Panel N° 1.....	234
9.1.2.	Panel N° 2.....	238
9.1.3.	Panel N° 3.....	240
9.1.4.	Análisis entre paneles.....	241
9.1.5.	Conclusiones Finales.....	248
9.1.6.	Panel N° 4.....	249
9.1.7.	Conclusiones Ambientales.....	250
9.2.	Recomendaciones.....	251

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

2. DEFINICION Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL PANEL

Figura 2.1	Traslado de planchas de Fibrocemento	Pág. 42
Figura 2.2	Factor de conductividad térmica	Pág. 49

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Figura 3.1	Organigrama de la metodología de la investigación, Para la búsqueda de la homogeneidad.	Pág. 50
------------	--	---------

CAPÍTULO IV

4. PROCESO DE FABRICACIÓN

Figura 4.1	Almacenamiento de paneles	Pág. 76
Figura 4.2	Irrigación en sentido largo	Pág. 89
Figura 4.3	Irrigación en sentido corto	Pág. 89
Figura 4.4	Irrigación aleatoria diagonal	Pág. 90
Figura 4.5	Irrigación zigzag longitudinal	Pág. 90
Figura 4.6	Irrigación con trazado en forma de “S”	Pág. 90

CAPÍTULO V

5. NORMAS DE REFERENCIA

Figura 5.1	Esfuerzos axiales	Pág. 113
Figura 5.2	Ejemplos de secciones sometidas a cortante	Pág. 115
Figura 5.3	Condición de carga para flexión a los tercios medios	Pág. 116
Figura 5.4	Panel de Fibropoliuretano	Pág.117
Figura 5.5	Recorte de bordes de paneles	Pág.118
Figura 5.6	1era tentativa de zonificación de paneles	Pág. 119
Figura 5.7	2da tentativa de zonificación de paneles	Pág. 119
Figura 5.8	3era tentativa de zonificación de paneles	Pág.120
Figura 5.9	4ta tentativa de zonificación de paneles	Pág. 121
Figura 5.10	Ubicación espacial de las muestras en paneles	Pág.122
Figura 5.11	Disposición final de cortes	Pág.123

CAPÍTULO VI

6. ENSAYOS DE LABORATORIO

Figura 6.1	Localización de fallas en especímenes por Envejecimiento	Pág. 140
------------	--	----------

Figura 6.2	Forma de las fallas para ensayo de tracción	Pág.158
Figura 6.3	% de adherencia por falla, para ensayo de tracción	Pág.158
Figura 6.4	Forma de las fallas para ensayo de corte	Pág.164
Figura 6.5	% de adherencia por falla, para ensayo de corte	Pág.165
Figura 6.6	Configuración de carga, para ensayo de viga flexión	Pág.169
Figura 6.7	Configuración de carga, para ensayo de flexión	Pág.172

CAPÍTULO VIII

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PANELES DE FIBROPOLIURETANO

Figura 8.1	Disgregación de las fibras de crisotilo	Pág. 205
Figura 8.2	Forma de las fibras de anfíboles	Pág. 206
Figura 8.3	Uso controlado para seguridad industrial	Pág. 232

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

Fotografía 1.1	Vivienda Inadecuada	Pág. 2
----------------	---------------------	--------

Fotografía 1.2	Vivienda Mejorable	Pág. 2
----------------	--------------------	--------

CAPÍTULO II

2. DEFINICION Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL PANEL

Fotografía 2.1	Panel tipo sándwich	Pág. 17
----------------	---------------------	---------

Fotografía 2.2	Estructura de soporte de planchas de Gypsum	Pág. 20
----------------	---	---------

Fotografía 2.3	Tableros de aglomerado y MDF	Pág. 21
----------------	------------------------------	---------

Fotografía 2.4	Planchas de metal	Pág. 22
----------------	-------------------	---------

Fotografía 2.5	Planchas de poliestireno expandido	Pág. 28
----------------	------------------------------------	---------

Fotografía 2.6	Poliuretano, frente al fuego	Pág. 30
----------------	------------------------------	---------

Fotografía 2.7	Planchas planas de Fibrocemento	Pág. 36
----------------	---------------------------------	---------

Fotografía 2.8	Almacenamiento de planchas de Fibrocemento	Pág. 43
----------------	--	---------

Fotografía 2.9	Poliuretano, planchas	Pág. 44
----------------	-----------------------	---------

Fotografía 2.10	Componente 1, Isocianato	Pág. 46
-----------------	--------------------------	---------

Fotografía 2.11	Componente 2, Polioli	Pág. 47
-----------------	-----------------------	---------

CAPÍTULO IV

4. PROCESO DE FABRICACIÓN

Fotografía 4.1	Esmeriladora de 7"	Pág. 64
Fotografía 4.2	Soldadora Eléctrica de 225 Amperios	Pág. 65
Fotografía 4.3	Esmeriladora de 4"	Pág. 66
Fotografía 4.4	Compresor de 2 HP	Pág. 67
Fotografía 4.5	Sierra circular	Pág. 67
Fotografía 4.6	Balanza de precisión	Pág. 68
Fotografía 4.7	Taladro, incorporado un agitador de mezcla	Pág. 69
Fotografía 4.8	Panel tipo Fibrocemento	Pág. 72
Fotografía 4.9	Componentes del Poliuretano	Pág. 73
Fotografía 4.10	Desmoldante para Poliuretano	Pág. 75
Fotografía 4.11	Almacenamiento de los componentes del Poliuretano	Pág. 77
Fotografía 4.12	Plancha de acero negro A-36 de 4mm	Pág. 78
Fotografía 4.13	Tubo de acero rectangular de 40x20x3mm	Pág. 79

Fotografía 4.14	Medida de materiales para elaboración del molde	Pág. 80
Fotografía 4.15	Soldadura de las piezas del molde	Pág. 80
Fotografía 4.16	Esmerilado del molde	Pág. 81
Fotografía 4.17	Tiempo de crema de una mezcla	Pág. 83
Fotografía 4.18	Componentes, medida y mezcla del poliuretano	Pág. 84
Fotografía 4.19	Pruebas de velocidad y tiempo de mezclado	Pág. 85
Fotografía 4.20	Densidad de la mezcla de Poliuretano	Pág. 86
Fotografía 4.21	Irrigación de espuma de poliuretano en el panel	Pág. 88
Fotografía 4.22	Almacenamiento del molde	Pág. 91
Fotografía 4.23	Equipos de seguridad para la fabricación De paneles.	Pág. 92
Fotografía 4.24	Medición de paneles de Fibrocemento	Pág. 92
Fotografía 4.25	Corte de paneles de Fibrocemento	Pág. 93
Fotografía 4.26	Colocación del primer panel de Fibrocemento	Pág. 93
Fotografía 4.27	Rotura de panel de Fibrocemento	Pág. 96
Fotografía 4.28	Verificación de calidad de paneles de Fibropoliuretano.	Pág. 96

CAPÍTULO VI

6.-ENSAYOS DE LABORATORIO

Fotografía 6.1	Medición de paneles de Fibropoliuretano	Pág. 127
Fotografía 6.2	Calibrador digital, lectura 0.01mm	Pág. 128
Fotografía 6.3	Muestra para densidad	Pág. 129
Fotografía 6.4	Horno para aclimatamiento	Pág. 130
Fotografía 6.5	Medición de espesores	Pág. 131
Fotografía 6.6	Muestras para absorción de agua	Pág.132
Fotografía 6.7	Balanza analítica, lectura 0.01gr	Pág.133
Fotografía 6.8	Sumersión de especímenes para absorción De agua	Pág.134
Fotografía 6.9	Muestras para envejecimiento	Pág.135
Fotografía 6.10	Equipo utilizado para el envejecimiento de Paneles	Pág.137
Fotografía 6.11	Medición y peso de muestras, antes del envejecimiento	Pág.138
Fotografía 6.12	Sumersión de especímenes en agua caliente	Pág.138
Fotografía 6.13	Colocación de especímenes en el horno	Pág.139

Fotografía 6.14	Colocación de especímenes a “baño maría”	Pág. 139
Fotografía 6.15	Fallas por envejecimiento del material	Pág. 140
Fotografía 6.16	Ciclo 1, paso 1	Pág. 141
Fotografía 6.17	Ciclo 1, paso 2	Pág.141
Fotografía 6.18	Ciclo 1, paso 3	Pág.142
Fotografía 6.19	Ciclo 1, paso 4	Pág.142
Fotografía 6.20	Ciclo 2, paso 1	Pág.143
Fotografía 6.21	Ciclo 2, paso 2	Pág.143
Fotografía 6.22	Ciclo 2, paso 3	Pág. 144
Fotografía 6.23	Ciclo 2, paso 4	Pág. 144
Fotografía 6.24	Ciclo 3, paso 1	Pág. 145
Fotografía 6.25	Ciclo 3, paso 2	Pág.145
Fotografía 6.26	Ciclo 3, paso 3	Pág.146
Fotografía 6.27	Ciclo 3, paso 4	Pág. 146
Fotografía 6.28	Ciclo 4, paso 1	Pág. 147
Fotografía 6.29	Ciclo 4, paso 2	Pág.147
Fotografía 6.30	Ciclo 4, pasos 3 y4	Pág. 148

Fotografía 6.31	Ciclo 5, paso 1	Pág.148
Fotografía 6.32	Ciclo 5, pasos 2 y 3	Pág.149
Fotografía 6.33	Ciclo 5, paso 4	Pág.149
Fotografía 6.34	Ciclo 6, paso 1	Pág.150
Fotografía 6.35	Ciclo 6 pasos 2 y 3	Pág. 150
Fotografía 6.36	Ciclo 6, paso 4	Pág. 151
Fotografía 6.37	Muestras envejecidas, ensayándose	Pág. 152
Fotografía 6.38	Especímenes circulares para tracción	Pág. 154
Fotografía 6.39	Especímenes para tracción	Pág. 154
Fotografía 6.40	Bloques para ensayo de tracción	Pág. 156
Fotografía 6.41	Pegado de bloques para ensayos de tracción	Pág.156
Fotografía 6.42	Verificación de adherencia, ensayo de tracción	Pág. 158
Fotografía 6.43	Ensayos de compresión	Pág. 161
Fotografía 6.44	Especímenes para ensayo de corte	Pág. 163
Fotografía 6.45	Máquina universal para ensayos de corte	Pág. 163
Fotografía 6.46	Verificación de adherencia, ensayo de corte	Pág. 166
Fotografía 6.47	Ensayo de corte	Pág.166

Fotografía 6.48	Espécimen para ensayo de viga flexión	Pág. 168
Fotografía 6.49	Cargas, ensayo de viga flexión	Pág.169
Fotografía 6.50	Deflectómetro para ensayo de viga flexión	Pág.170
Fotografía 6.51	Rotura de espécimen, ensayo de viga flexión	Pág. 171
Fotografía 6.52	Equipo para cargas, ensayo de flexión	Pág.173
Fotografía 6.53	Máquina universal para ensayo de flexión	Pág.173
Fotografía 6.54	Ruptura de especímenes de flexión	Pág.174

CAPÍTULO VIII

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PANELES DE FIBROPOLIURETANO

Fotografía 8.1	Tipos de Paneles “Sándwich”	Pág. 196
Fotografía 8.2	Usos del Fibrocemento	Pág. 197
Fotografía 8.3	Usos de las espumas rígidas de poliuretano	Pág. 199
Fotografía 8.4	Asbesto Crisolito en estado natural	Pág. 208
Fotografía 8.5	Espumas de Poliuretano y Poliisocianurato	Pág. 213
Fotografía 8.6	Materiales de seguridad, para fabricación De paneles de Fibropoliuretano	Pág. 219
Fotografía 8.7	Herramientas, para fabricación de Paneles de Fibropoliuretano	Pág. 220

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

Gráfico 1.1	Promedio de los ahorros corrientes Mensuales de los hogares	Pág. 8
Gráfico 1.2	Tenencia de la vivienda. Hogares-Nacional	Pág. 9
Gráfico 1.3	Tenencia de la vivienda por tipo de quintil	Pág. 10
Gráfico 1.4	Tenencia de la vivienda. Total Ecuador	Pág. 11
Gráfico 1.5	Disponibilidad de servicios básicos de la Vivienda por quintiles de hogar	Pág. 13
Gráfico 1.6	Servicios básicos de la vivienda – Hogares Nacional. Quintil 1	Pág. 13
Gráfico 1.7	Tipo de material usado en paredes exteriores Total nacional	Pág. 14

CAPÍTULO VI

6.- ENSAYOS DE LABORATORIO

Gráfico 6.1	Total de especímenes probados por envejecimiento	Pág. 152
-------------	--	----------

CAPÍTULO VII

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PANELES DE FIBROPOLIURETANO

Gráfico 8.1	Material del techo o cubierta % Total Ecuador	Pág. 212
-------------	---	----------

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

1. ASPECTOS GENERALES

Tabla 1.1	Promedio de los ahorros corrientes mensuales De los hogares.	Pág. 8
Tabla 1.2	Hogares por quintiles, según tenencia de la Vivienda Nacional.	Pág. 9
Tabla 1.3	Tenencia de la vivienda por tipo de quintil. Porcentaje. Nacional	Pág. 10
Tabla 1.4	Tenencia o propiedad de la vivienda.	Pág. 11
Tabla 1.5	Porcentaje de hogares por quintiles, según Disponibilidad de servicios básicos de la Vivienda. Nacional.	Pág. 12
Tabla 1.6	Materiales de paredes exteriores	Pág. 14

CAPÍTULO II

2. DEFINICION Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL PANEL

Tabla 2.1	Propiedades Físicas, planchas de Gypsum	Pág.23
-----------	---	--------

Tabla 2.2	Propiedades físicas- mecánicas, tableros de Aglomerado.	Pág.24
Tabla 2.3	Propiedades físicas- mecánicas, tableros de MDF	Pág.24
Tabla 2.4	Características físico-químicas, planchas de Fibrocemento	Pág.25
Tabla 2.5	Comparación de propiedades de planchas, a emplearse como caras en Paneles Sándwich	Pág.26
Tabla 2.6	Datos técnicos, Poliuretano	Pág.31
Tabla 2.7	Datos técnicos, Poliestireno	Pág.31
Tabla 2.8	Comparación de propiedades de materiales Aislantes, Para el uso como núcleo de Paneles Sándwich	Pág.32
Tabla 2.9	Requisitos mecánicos y físicos del cemento	Pág.34
Tabla 2.10	Usos de tableros de Fibrocemento por espesor	Pág.38
Tabla 2.11	Aplicaciones de las planchas planas de Fibrocemento	Pág.39
Tabla 2.12	Módulo de rotura mínimo	Pág.40
Tabla 2.13	Características Físico - Mecánicas Planchas de Fibrocemento.	Pág.41
Tabla 2.14	Propiedades Mecánicas. Planchas de Fibrocemento	Pág.42

Tabla 2.15	Principales propiedades del Poliuretano	Pág.48
------------	---	--------

CAPÍTULO IV

4. PROCESO DE FABRICACIÓN

Tabla 4.1	Proceso de fabricación en etapa de laboratorio “Paneles de Fibropoliuretano”	Pág.58
Tabla 4.2	Equipo de seguridad usado para la fabricación De Paneles de Fibropoliuretano	Pág.60
Tabla 4.3	Herramientas o maquinarias usadas para la Fabricación De Paneles de Fibropoliuretano	Pág.63
Tabla 4.4	Verificación del estado de los componentes para La fabricación de Paneles de Fibropoliuretano	Pág.69
Tabla 4.5	Elaboración del molde para la fabricación de Paneles de Fibropoliuretano	Pág.78
Tabla 4.6	Dimensiones finales del molde	Pág.79
Tabla 4.7	Pre-investigación para la mezcla de componentes De la espuma de Poliuretano	Pág.82
Tabla 4.8	Resumen de ensayos de proporción de componentes	Pág.85
Tabla 4.9	Resumen de ensayos de tiempo y velocidad de Mezclado	Pág.86

Tabla 4.10	Resumen de ensayos de densidad en espuma De Poliuretano	Pág.87
Tabla 4.11	Resumen de ensayos de tiempo de vertido de la Espuma de Poliuretano	Pág.88
Tabla 4.12	Manual de fabricación de Paneles de Fibropoliuretano	Pág.91
Tabla 4.13	Parámetros para la fabricación de Paneles de Fibropoliuretano	Pág.94
Tabla 4.14	Eliminación de residuos en la fabricación de Paneles de Fibropoliuretano	Pág.97

CAPÍTULO V

5. NORMAS DE REFERENCIA

Tabla 5.1	Normas ASTM, del subcomité D30.09	Pág.106
Tabla 5.2	Propiedades Físicas, Paneles de Fibropoliuretano	Pág.108
Tabla 5.3	Propiedades Mecánicas, Paneles de Fibropoliuretano	Pág.112
Tabla 5.4	Cantidad de especímenes por panel	Pág.118
Tabla 5.5	Número de especímenes panel N°1	Pág.124
Tabla 5.6	Número de especímenes panel N°2	Pág.124
Tabla 5.7	Número de especímenes panel N°3	Pág.125

Tabla 5.8	Número de especímenes panel N°4	Pág.125
-----------	---------------------------------	---------

CAPÍTULO VI

6. ENSAYOS DE LABORATORIO

Tabla 6.1	Número de especímenes - Ensayo Dimensiones	Pág.127
Tabla 6.2	Número de especímenes - Ensayo Densidad	Pág.130
Tabla 6.3	Número de especímenes - Ensayo Absorción	Pág.133
Tabla 6.4	Número de especímenes - Ensayo Envejecimiento	Pág.136
Tabla 6.5	Resumen de especímenes probados por envejecimiento	Pág.151
Tabla 6.6	Número de especímenes - Ensayo Tracción	Pág.155
Tabla 6.7	Códigos de falla, para tres sitios	Pág.157
Tabla 6.8	% de adherencia por falla para tracción	Pág.157
Tabla 6.9	Número de especímenes - Ensayo Compresión	Pág.160
Tabla 6.10	Número de especímenes - Ensayo Corte	Pág.163
Tabla 6.11	% de adherencia por falla para corte	Pág.165
Tabla 6.12	Número de especímenes - Ensayo Flexión-viga	Pág.168
Tabla 6.13	Número de especímenes - Ensayo Flexión	Pág.174

CAPÍTULO VII

7. RESULTADOS

Tabla 7.1	Ubicación de especímenes por panel	Pág.175
Tabla 7.2	Densidad (1er ensayo) Panel N° 1	Pág.177
Tabla 7.3	Densidad (2do ensayo) Panel N° 1	Pág.177
Tabla 7.4	Absorción. Panel N° 1	Pág.178
Tabla 7.5	Tracción. Panel N° 1	Pág.180
Tabla 7.6	Corte. Panel N° 1	Pág.180
Tabla 7.7	Flexión - Viga. Panel N° 1	Pág.181
Tabla 7.8	Flexión. Panel N° 1	Pág.182
Tabla 7.9	Resumen ensayos. Panel N° 1	Pág.182
Tabla 7.10	Densidad. Panel N° 2	Pág.183
Tabla 7.11	Absorción. Panel N° 2	Pág.184
Tabla 7.12	Tracción. Panel N° 2	Pág.185
Tabla 7.13	Corte. Panel N° 2	Pág.186
Tabla 7.14	Flexión - Viga. Panel N° 2	Pág.186
Tabla 7.15	Flexión. Panel N° 2	Pág.187
Tabla 7.16	Resumen ensayos. Panel 2	Pág.188

Tabla 7.17	Densidad. Panel N° 3	Pág.189
Tabla 7.18	Absorción. Panel N° 3	Pág.190
Tabla 7.19	Tracción. Panel N° 3	Pág.191
Tabla 7.20	Corte. Panel N° 3	Pág.191
Tabla 7.21	Flexión - Viga. Panel N° 3	Pág.192
Tabla 7.22	Flexión. Panel N° 3	Pág.193
Tabla 7.23	Resumen ensayos. Panel N° 3	Pág.193
Tabla 7.24	Envejecimiento. Panel N° 4	Pág.194

CAPÍTULO VIII

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PANELES DE FIBROPOLIURETANO

Tabla 8.1	Componentes del Asbesto	Pág.204
Tabla 8.2	Producción y consumo de crisotilo en el mundo	Pág.211
Tabla 8.3	Material del techo o cubierta	Pág.212
Tabla 8.4	Clases de reacción al fuego de revestimientos De paredes y techos de aislamientos térmicos O acústicos y de conductores	Pág.214
Tabla 8.5	Información toxicológica	Pág.215

Tabla 8.6	Elementos para la elaboración de Matriz de Impactos.	Pág.229
Tabla 8.7	Matriz de Impacto Ambiental. En la fabricación En fase de laboratorio de Paneles de Fibropoliuretano	Pág.230

CAPÍTULO VIII

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tabla 9.1	Interrogantes Pre-investigadas	Pág.234
Tabla 9.2	Tabla de resumen, panel N° 1	Pág.234
Tabla 9.3	Tabla de resumen, panel N° 2	Pág.238
Tabla 9.4	Tabla de resumen, panel N° 3	Pág.240
Tabla 9.5	Resumen ensayo de densidad	Pág.242
Tabla 9.6	Resumen ensayo de absorción de agua	Pág.243
Tabla 9.7	Resumen ensayo de tracción	Pág.244
Tabla 9.8	Resumen ensayo de corte	Pág.245
Tabla 9.9	Resumen ensayo de flexión-viga	Pág.246
Tabla 9.10	Resumen ensayo de flexión	Pág.247
Tabla 9.11	Propiedades físico-mecánicas, Paneles de Fibropoliuretano	Pág.249
Tabla 9.12	Tabla de resumen, panel N° 4	Pág.250

ANEXOS

CAPÍTULO IV

4. PROCESO DE FABRICACIÓN

Anexo 4.1	Ficha de fabricación, ensayo N° 01	Pág. 1
Anexo 4.2	Ficha de fabricación, ensayo N° 02	Pág. 2
Anexo 4.3	Ficha de fabricación, ensayo N° 03	Pág. 3
Anexo 4.4	Conclusión, primer interrogante	Pág.4
Anexo 4.5	Ficha de fabricación, ensayo N° 04	Pág.5
Anexo 4.6	Ficha de fabricación, ensayo N° 05	Pág.6
Anexo 4.7	Ficha de fabricación, ensayo N° 06	Pág.7
Anexo 4.8	Ficha de fabricación, ensayo N° 07	Pág.8
Anexo 4.9	Ficha de fabricación, ensayo N° 08	Pág.9
Anexo 4.10	Conclusión, segundo interrogante	Pág.10
Anexo 4.11	Ficha de fabricación, ensayo N° 09	Pág.11
Anexo 4.12	Ficha de fabricación, ensayo N° 10	Pág.12
Anexo 4.13	Ficha de fabricación, ensayo N° 11	Pág.13
Anexo 4.14	Conclusión, tercer interrogante	Pág.14

Anexo 4.15	Ficha de fabricación, ensayo N° 12	Pág.15
Anexo 4.16	Ficha de fabricación, ensayo N° 13	Pág.16
Anexo 4.17	Conclusión, cuarta interrogante	Pág.17
Anexo 4.18	Ficha de fabricación, ensayo N° 14	Pág.18
Anexo 4.19	Ficha de fabricación, ensayo N° 15	Pág.19
Anexo 4.20	Ficha de fabricación, ensayo N° 16	Pág.20
Anexo 4.21	Ficha de fabricación, ensayo N° 17	Pág.21
Anexo 4.22	Ficha de fabricación, ensayo N° 18	Pág.22
Anexo 4.23	Conclusión, quinta interrogante	Pág.23
Anexo 4.24	Resumen o conclusión de interrogantes	Pág.24
Anexo 4.25	Ficha de fabricación, ensayo N° 19	Pág.25
Anexo 4.26	Ficha de fabricación, ensayo N° 20	Pág.26
Anexo 4.27	Ficha de fabricación, ensayo N° 21	Pág.27
Anexo 4.28	Ficha de fabricación, ensayo N° 22	Pág.28

CAPÍTULO V

5. NORMAS DE REFERENCIA

Anexo 5.1	Norma ASTM: C271, densidad	Pág.29
Anexo 5.2	Norma ASTM: C272, absorción	Pág.32
Anexo 5.3	Norma ASTM: C481, envejecimiento	Pág.35
Anexo 5.4	Norma ASTM: C 297, tracción	Pág.37
Anexo 5.5	Norma ASTM: C273, corte	Pág.41
Anexo 5.6	Norma ASTM: D7250, flexión – viga	Pág.51
Anexo 5.7	Norma ASTM: C551, flexión (dimensiones)	Pág. 61

CAPÍTULO VI

6.- ENSAYOS DE LABORATORIO

Anexo 6.1	Informe de ensayo, norma C271 densidad	Pág. 67
Anexo 6.2	Informe de ensayo, norma C272 absorción	Pág. 68
Anexo 6.3	Informe de ensayo, norma C481 envejecimiento	Pág. 69
Anexo 6.4	Informe de ensayo, norma C297 tracción	Pág. 70
Anexo 6.5	Informe de ensayo, norma C273 corte	Pág. 71
Anexo 6.6	Informe de ensayo, norma D7250 viga flexión	Pág. 72

Anexo 6.7	Informe de ensayo, norma C551 flexión	Pág. 73
-----------	---------------------------------------	---------

CAPÍTULO VII

7. RESULTADOS

Anexo 7.1	Resumen de ensayos, panel N° 1	Pág. 74
Anexo 7.2	Resumen de ensayos, panel N° 2	Pág. 85
Anexo 7.3	Resumen de ensayos, panel N° 3	Pág. 95
Anexo 7.4	Resumen de ensayos, panel N° 4	Pág. 104

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES

El crecimiento acelerado de la población está ligado con la necesidad y el requerimiento de poseer una vivienda propia, es por esta razón que en los últimos años este déficit se mantiene constante.

Tener una vivienda propia es parte esencial para el desarrollo y bienestar de los seres humanos. “[...] El lugar en que se vive no sólo es techo, refugio y descanso; también es un espacio de intimidad verdadera y encuentro con los miembros de la familia”¹, célula motor de la sociedad.

El déficit habitacional no es sólo cuantitativo, las verdaderas deficiencias en las viviendas son de orden cualitativo, tanto por su ubicación en zonas de alto riesgo, como por las condiciones precarias en que vive una parte de la población. Considerándose de esta manera también como parte del déficit las viviendas *deficientes*, pudiendo ser estas: inadecuadas y mejorables.

Una *vivienda es inadecuada* cuando sus paredes y techos han sido contruidos con materiales de desecho o cuando tiene piso de tierra, y se abastece de agua de lluvia, de río o de pozo. (Fotografía 1.1)

En tanto que las *viviendas mejorables* son aquellas que tienen paredes de bloque o adobe sin enlucir y techos de láminas metálicas, no tienen servicio eléctrico, reciben el agua mediante tanquero o grifo público ubicado cerca y tienen letrina o pozo séptico como mecanismo sanitario. (Fotografía 1.2)

¹ MOIA, José Luis, *Proyecto de Viviendas*, 2da edición, Editorial América Lee, Buenos Aires - Argentina, 1961. Pág. 2.



FOTOGRAFÍA 1.1. VIVIENDA INADECUADA

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012



FOTOGRAFÍA 1.2. VIVIENDA MEJORABLE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

El déficit de vivienda es el conjunto de necesidades insatisfechas de la población en materia habitacional existentes en un momento y un territorio determinado. Se puede expresar numéricamente como:

- Déficit absoluto o carencia de vivienda, es decir la diferencia entre el total de familias y el total de unidades de vivienda.
- Déficit relativo o condiciones inadecuadas de habitabilidad, es decir, requerimientos para eliminar la aglomeración en viviendas con espacio insuficiente, y el requerimiento de sustitución de viviendas totalmente deterioradas de acuerdo con el estado físico de los materiales que las constituyen.

Teniendo presente esta necesidad, se debe buscar en forma técnica e innovadora disminuir el costo total de la vivienda para que de esta forma toda la población pueda acceder a este derecho.

La presente investigación propone un nuevo material que luego de su estudio, en fase de laboratorio, verificará su homogeneidad basada en sus propiedades físicas y mecánicas bajo normas técnicas que dictaminarán su posible uso como material de construcción en una posterior etapa de investigación.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En los datos entregados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, pertenecientes al VII Censo de Población y VI de Vivienda del 2010, se indica que 36% de los hogares ecuatorianos no poseen vivienda propia. Datos que han aumentado desde el “Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida” (noviembre 2005 - octubre 2006). (Tablas 1.2 y 1.4)

La capacidad de compra de un sector importante de la población es mínimo por su baja capacidad de ahorro y endeudamiento para adquirir una vivienda nueva o usada, excluyendo de esta manera social y económicamente a una parte de la población.

Otro punto importante a ser tomado en cuenta es la *informalidad* en la construcción la misma que causa mayor vulnerabilidad de la construcción y su estructura, en caso de presentarse escenarios críticos como movimientos sísmicos, deslaves o inundaciones.

Esta informalidad perniciosa que existe en la construcción, es una dificultad agravante que debe ser solucionada, con la aplicación de nuevos sistemas constructivos normados técnicamente.

Al considerarse que una parte de la sociedad no puede acceder a la compra de una vivienda por sus limitados recursos, o que en su defecto, habitan en viviendas consideradas no optimas por el riesgo que representan por su precaria forma de construcción; incentivan a la Ingeniería Civil a cumplir su misión de búsqueda, de propuestas innovadoras de construcción que asistan a solucionar las diferentes necesidades de la sociedad.

Buscando cumplir con lo indicado, se considera que las mamposterías de tipo tradicional construidas con: bloque, ladrillo, hormigón armado, entre otros, es uno de los rubros importantes dentro del incremento de costos, fundamentado en el alto desperdicio de material, mayor tiempo de ejecución y necesidad de más personal que no se considera frecuentemente para este proceso.

En tanto que las construcciones prefabricadas totales o parciales (estructurales y no estructurales) ofrecerían rapidez en su ejecución, eficiencia y economía, factores que representan reducción del costo total de la vivienda.

La presente investigación propone un panel prefabricado, conformado por dos placas de fibrocemento unidas por una capa de poliuretano, para este fin se requiere inicialmente identificar las características de homogeneidad que derivan de un proceso de producción correctamente realizado, fundamentado en normas que sustenten sus propiedades físicas y mecánicas.

Debido a la extensión del estudio, se analizará en esta primera fase de investigación la fabricación y estudio de propiedades en fase de laboratorio.

1.2.1. INFORMALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

Es un desafío para el Estado, las Municipalidades, las Cámaras de Construcción y Colegios de profesionales dedicados a la construcción, terminar con la informalidad e incumplimiento de las normas técnicas; y poder garantizar una construcción totalmente segura.

En términos de seguridad de vivienda, no debería haber ningún tipo de riesgo proveniente de las actividades informales de la construcción. La mayor preocupación es la vulnerabilidad que incrementa este problema en el caso de presentarse un sismo que pueda dejar resultados devastadores.

Un estudio realizado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, del riesgo sísmico, efectuado hace 15 años, indica “Que existe la probabilidad de que se presente un sismo en Ecuador de 8.4 grados en la escala de Richter tal vez frente a las costas de Esmeraldas o Manabí, o en otra parte del país incluido Quito” [...]².

La construcción informal en el país es evidente se carece de:

- Estudios preliminares hechos por un profesional.
- Un adecuado diseño (planos arquitectónicos y estructurales).
- Especificaciones técnicas.
- Control de ejecución en obra.
- Mano de obra calificada.
- Calidad y resistencia de los materiales de construcción.

Los procesos en cada uno de los rubros de construcción deben tener un ordenamiento lógico, que busque disminuir costos en mano de obra, desperdicios de material, tiempo de ejecución y garantice la calidad del trabajo, formando así un conglomerado total de obras más seguras, resistentes y confiables para quienes las habitan.

² VALVERDE, Jorge Ing., “Profesor titular de Ingeniería Civil Escuela Politécnica Nacional, riesgo sísmico en el Ecuador”, *Diario El Comercio*, Quito- Ecuador, lunes 21 de marzo del 2011. Pág. 10.

1.2.2. ESTUDIO DEL DÉFICIT DE VIVIENDA EN EL ECUADOR

El déficit de las viviendas puede ser medido en forma particularizada, a partir de diversos parámetros como son: número de familias por vivienda, promedio de ocupación por habitación, deterioro de los materiales, deficiencias constructivas y carencias de servicios entre otros.

“Es necesario enfatizar que el déficit de vivienda no es un simple desajuste en el mercado habitacional, o consecuencia de diferentes técnicas organizativas o de diseño en la producción de viviendas; su explicación debe referirse estructuralmente a otras carencias como las referidas al empleo y la remuneración, que inciden en su determinación causal, impidiendo que gran parte de la población, pueda pagar los altos costos de la vivienda y de sus elementos componentes: terreno, materiales de construcción, fuerza de trabajo, financiamiento y tecnología”.³

En nuestro país, la entidad encargada de medir los crecimientos demográficos de la población, los promedios de ingresos y gastos de las familias, los tipos de hogares por tenencia y requerimientos de los mismos es el INEC, “Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos”, respaldado por el BID “Banco Interamericano de Desarrollo”.

1.2.2.1. Estudio de los ingresos y gastos de los sectores demandantes por quintiles de población.

“El bienestar se define como el beneficio derivado del consumo de bienes y servicios satisfactorios de necesidades; es decir se determina mediante el cálculo de los gastos de consumo”⁴

³ DIRECCIÓN GENERAL DE EQUIPAMIENTO URBANO Y VIVIENDA, *Elementos para una política nacional de vivienda*, Editorial SAHOP, México ciudad de México, 1977. Pág. 1.

⁴ INEC y BID, *Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida*, Quinta ronda, República del Ecuador, Noviembre 2005 – Octubre 2006. Pág. 9.

Estos estudios sobre la evaluación de las condiciones de vida, buscan promover el uso de la información de los hogares como base para la formulación de políticas económicas y sociales, para mejorar los niveles de vida de la población e identificar las consecuencias que tienen para los hogares la aplicación de políticas gubernamentales propuestas.

“Los quintiles son la quinta parte de la población estadística ordenada de menor a mayor en alguna característica de esta. El término es bastante utilizado en economía para caracterizar la distribución del ingreso de una población humana”⁵

El quintil de ingreso, se calcula ordenando la población (de una región, país, etc.) desde el individuo más pobre al más adinerado, para luego dividirlo en 5 partes de igual número de individuos, con esto se obtienen 5 quintiles ordenando sus ingresos, desde el primer quintil que representa la porción de la población más pobre, segundo quintil el siguiente nivel y así sucesivamente hasta el quintil 5 representada por la población de mejor posición económica.

Para este tipo de estudios se toma en cuenta El ingreso Per cápita “que es aquel que corresponde al ingreso total o al conjunto de remuneraciones verificables de un grupo dividido entre el número de personas que lo integran, es decir el promedio”⁶. Al comparar estándares de vida entre economías, es más relevante tomar el ingreso per cápita que el ingreso total.

A continuación se detalla el promedio de los ingresos y los gastos corrientes mensuales de los hogares ecuatorianos, indicando el respectivo ahorro mensual que tendrían los mismos; detallándose este por quintiles en el territorio nacional, áreas urbanas y rurales y tipo de región sierra, costa y amazonia. (Tabla 1.1 y gráfico 1.1)

⁵ WIKIPEDIA, Quintil, Enero del 2011, <http://es.wikipedia.org/wiki/Quintil>

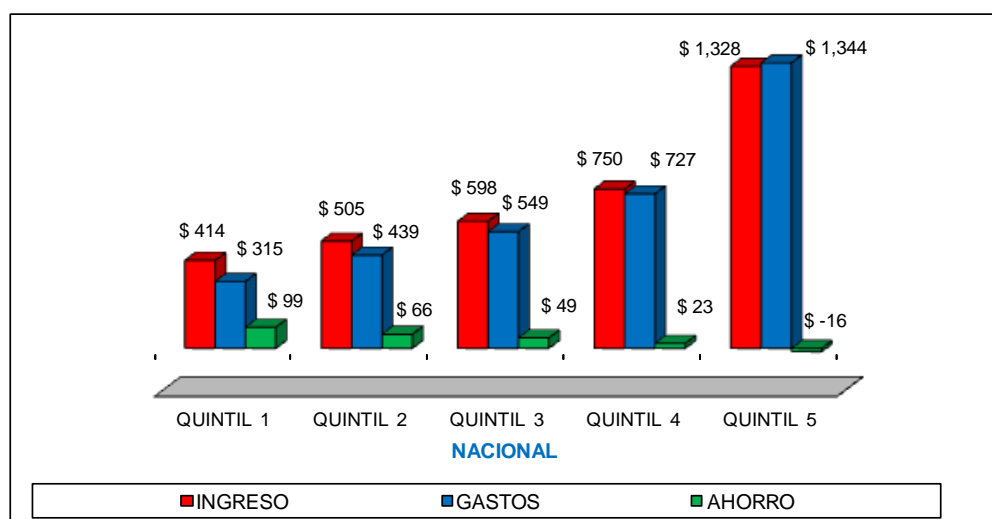
⁶ INEC y BID, Op. Cit. pág. 10

TABLA 1.1. PROMEDIO DE LOS AHORROS CORRIENTES MENSUALES DE LOS HOGARES

QUINTILES	PROMEDIO			PERCEPCION DE LOS HOGARES SOBRE MONTO MENSUAL PARA VIVIR BIEN
	INGRESO	GASTOS	AHORRO	
NACIONAL				
QUINTIL 1	\$ 414	\$ 315	\$ 99	\$ 221
QUINTIL 2	\$ 505	\$ 439	\$ 66	\$ 390
QUINTIL 3	\$ 598	\$ 549	\$ 49	\$ 532
QUINTIL 4	\$ 750	\$ 727	\$ 23	\$ 734
QUINTIL 5	\$ 1,328	\$ 1,344	\$ -16	\$ 1,564
URBANO				
QUINTIL 1	\$ 517	\$ 421	\$ 96	\$ 296
QUINTIL 2	\$ 606	\$ 540	\$ 66	\$ 476
QUINTIL 3	\$ 720	\$ 682	\$ 38	\$ 648
QUINTIL 4	\$ 868	\$ 855	\$ 13	\$ 870
QUINTIL 5	\$ 1,499	\$ 1,542	\$ -43	\$ 1,812
RURAL				
QUINTIL 1	\$ 337	\$ 245	\$ 92	\$ 163
QUINTIL 2	\$ 406	\$ 310	\$ 96	\$ 274
QUINTIL 3	\$ 426	\$ 380	\$ 46	\$ 382
QUINTIL 4	\$ 486	\$ 447	\$ 39	\$ 488
QUINTIL 5	\$ 749	\$ 701	\$ 48	\$ 858
SIERRA				
QUINTIL 1	\$ 359	\$ 310	\$ 49	\$ 208
QUINTIL 2	\$ 483	\$ 463	\$ 20	\$ 402
QUINTIL 3	\$ 596	\$ 603	\$ -7	\$ 579
QUINTIL 4	\$ 755	\$ 812	\$ -57	\$ 801
QUINTIL 5	\$ 1,413	\$ 1,555	\$ -142	\$ 1,753
COSTA				
QUINTIL 1	\$ 468	\$ 328	\$ 140	\$ 236
QUINTIL 2	\$ 539	\$ 432	\$ 107	\$ 392
QUINTIL 3	\$ 605	\$ 515	\$ 90	\$ 501
QUINTIL 4	\$ 763	\$ 656	\$ 107	\$ 680
QUINTIL 5	\$ 1,264	\$ 1,142	\$ 122	\$ 1,382
AMAZONIA				
QUINTIL 1	\$ 305	\$ 222	\$ 83	\$ 176
QUINTIL 2	\$ 430	\$ 329	\$ 101	\$ 311
QUINTIL 3	\$ 519	\$ 465	\$ 54	\$ 487
QUINTIL 4	\$ 686	\$ 659	\$ 27	\$ 683
QUINTIL 5	\$ 1,024	\$ 1,099	\$ -75	\$ 1,400

INEC, BID, Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - octubre 2006), pág 25

GRÁFICO 1.1. PROMEDIO DE LOS AHORROS CORRIENTES MENSUALES DE LOS HOGARES



INEC. BID. Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - Octubre 2006)

1.2.2.2. Tenencia de vivienda por quintiles de población

Los subsidios son insuficientes para la demanda potencial. Para obtener mayor adquisición de vivienda y conseguir la cuota inicial se podría: Trabajar en conjunto con el Estado o entidades territoriales para generar suelo urbanizable para viviendas de interés social, desarrollo de macro proyectos, estimular ahorro programado, y ayudas bancarias a la población informal.

A continuación se detalla los estudios del INEC y del BID que corresponden a la cantidad y porcentaje de la tenencia por quintiles de propiedad de vivienda. (Tabla 1.2 y gráfico 1.2)

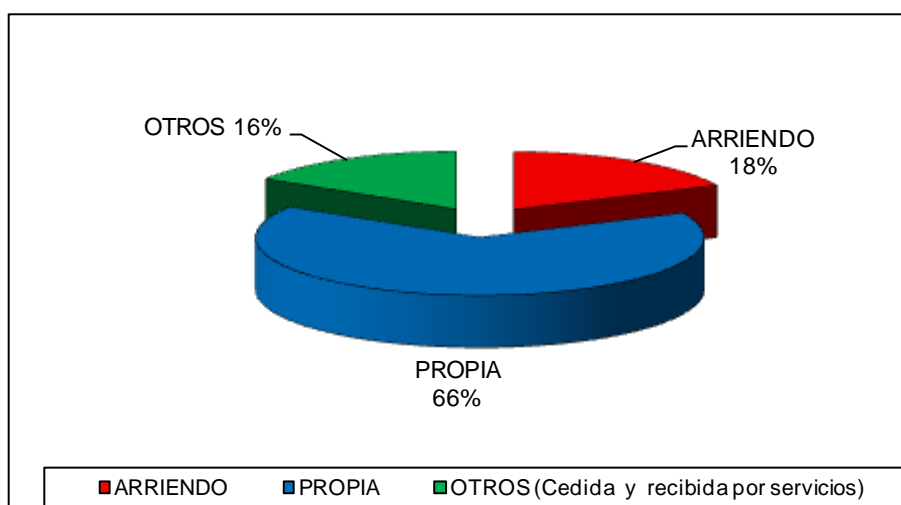
TABLA 1.2. HOGARES POR QUINTILES, SEGÚN TENENCIA DE LA VIVIENDA. NACIONAL

TENENCIA DE LA VIVIENDA	TOTAL	QUINTILES				
		QUINTIL 1	QUINTIL 2	QUINTIL 3	QUINTIL 4	QUINTIL 5
TOTAL	3,264,866	652,889	652,942	653,152	652,835	653,049
ARRIENDO	591,685	79,897	111,060	118,256	141,984	140,488
PROPIA	2,144,070	451,859	418,711	424,748	415,815	432,937
OTROS (Cedida y recibida por servicios)	529,112	121,134	123,170	110,147	95,036	79,624

Cuadro N° 1

INEC, BID, Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - octubre 2006), pág 27

GRÁFICO 1.2. TENENCIA DE LA VIVIENDA. HOGARES- NACIONAL



Cuadro N°1

INEC. BID. Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - Octubre 2006). Pág. 27

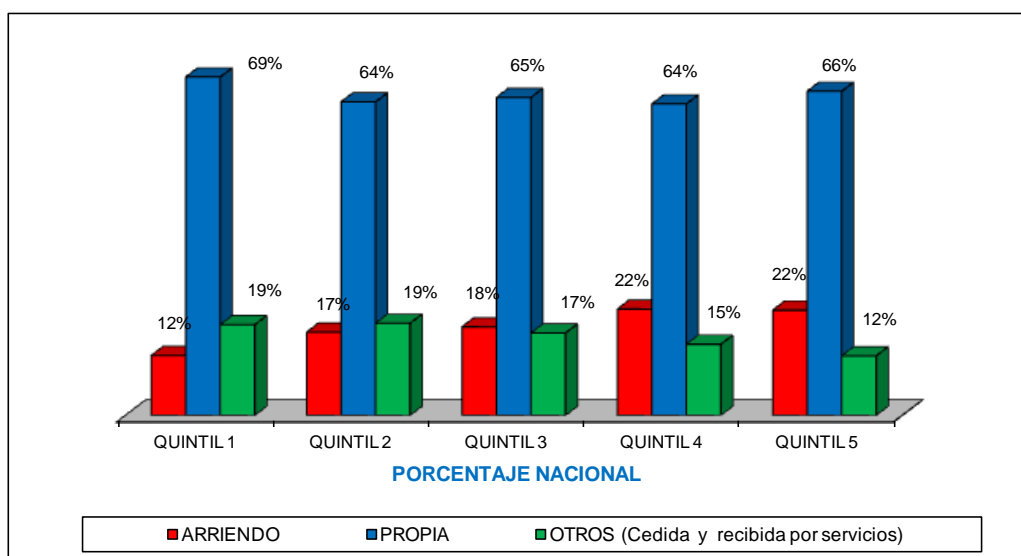
Si se considera la suma de los hogares en arriendo y la de otros que corresponde a las viviendas cedidas y recibidas por servicios, el porcentaje de hogares sin vivienda es del 34%. (Tabla 1.2 y gráfico 1.2)

TABLA 1.3. TENENCIA DE LA VIVIENDA POR TIPO DE QUINTIL. PORCENTAJE. NACIONAL

TENDENCIA DE LA VIVIENDA	QUINTIL 1	QUINTIL 2	QUINTIL 3	QUINTIL 4	QUINTIL 5
ARRIENDO	12%	17%	18%	22%	22%
PROPIA	69%	64%	65%	64%	66%
OTROS (Cedida y recibida por servicios)	19%	19%	17%	15%	12%

INEC, BID, Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - octubre 2006). Pág 28

GRÁFICO 1.3. TENENCIA DE LA VIVIENDA POR TIPO DE QUINTIL



INEC. BID. Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - Octubre 2006)

El porcentaje de tenencia de viviendas por tipo de quintil en los 5 casos es relativamente parecido.

Los datos entregados en el último Censo de 2010 arrojan cifras idénticas a las proporcionadas en años anteriores. Se manejaba un dato de déficit de vivienda del 34% (año 2006), y el resultado del déficit en el censo de 2010 es del 36%, observando un aumento del 2%; obteniendo como resultado global nuevamente

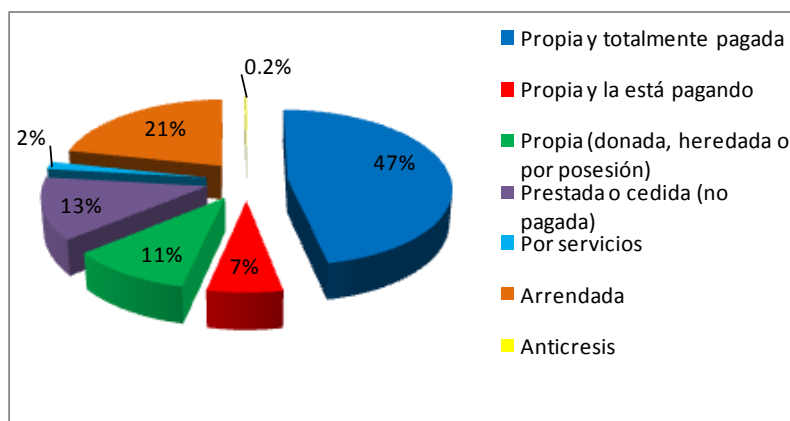
que el 36% de hogares ecuatorianos no tienen vivienda propia, (Tablas: 1.2; 1.4. Gráficos: 1.2, 1.4).

TABLA 1.4. TENENCIA O PROPIEDAD DE LA VIVIENDA

TENENCIA O PROPIEDAD DE LA VIVIENDA	CASOS	%	ACUMULADO%
Propia y totalmente pagada	1786005	46.9	46.9
Propia y la está pagando	249160	6.5	53.4
Propia (donada, heredada o por posesión)	402891	10.6	64.0
Prestada o cedida (no pagada)	489213	12.8	76.8
Por servicios	59145	1.6	78.4
Arrendada	816664	21.4	99.8
Anticresis	7470	0.2	100.0
Total	3810548	100	100

CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA 2010
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS - INEC, ECUADOR
CEPAL/CELADE Redatam+SP 11/17/2011

GRÁFICO 1.4. TENENCIA DE LA VIVIENDA. TOTAL ECUADOR



CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA 2010
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS - INEC, ECUADOR
CEPAL/CELADE Redatam+SP 11/17/2011

1.2.2.3. Tenencia de viviendas por disponibilidad de servicios básicos.

De los datos antes mencionados debemos aludir la disponibilidad de servicios básicos de las viviendas en cuestión y considerar si se encuentran o no en las catalogadas de tipo inadecuadas y mejorables. (Tabla 1.5 y gráfico 1.5)

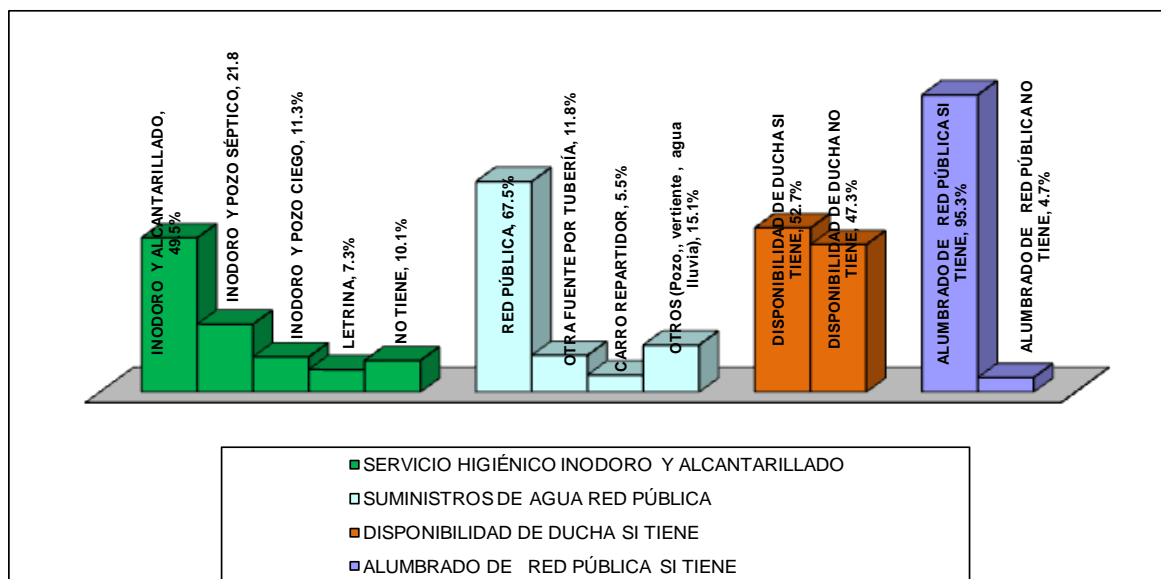
TABLA 1.5. PORCENTAJE DE HOGARES POR QUINTILES, SEGÚN DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BÁSICOS DE LA VIVIENDA. NACIONAL

SERVICIOS BÁSICOS DE LA VIVIENDA		QUINTIL 1		QUINTIL 2		QUINTIL 5	
		CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%
TOTAL		652,889	100%	652,942	100%	653,049	100%
SERVICIO HIGIÉNICO	INODORO Y ALCANTARILLADO	131,931	20%	225,233	34%	533,495	82%
	INODORO Y POZO SEPTICO	137,807	21%	172,703	26%	88,032	13%
	INODORO Y POZO CIEGO	122,216	19%	106,824	16%	15,058	2%
	LETRINA	109,056	17%	64,709	10%	5,042	1%
	NO TIENE	151,879	23%	83,471	13%	11,422	2%
SUMINISTROS DE AGUA	RED PÚBLICA	271,282	42%	368,578	56%	589,741	90%
	OTRA FUENTE POR TUBERÍA	133,677	20%	100,661	15%	24,053	4%
	CARRO REPARTIDOR	48,678	7%	49,983	8%	13,446	2%
	OTROS (Pozo, río, vertiente o acequía, vecinos, amigos y agua lluvia)	199,251	31%	133,719	20%	25,810	4%
DISPONIBILIDAD DE DUCHA	SI TIENE	127,051	19%	233,114	36%	576,609	88%
	NO TIENE	525,839	81%	419,828	64%	76,440	12%
ALUMBRADO DE RED PÚBLICA	SI TIENE	572,582	88%	619,368	95%	647,266	99%
	NO TIENE	80,307	12%	33,573	5%	5783	1%

INEC. BID. Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - Octubre 2006). Pág. 33

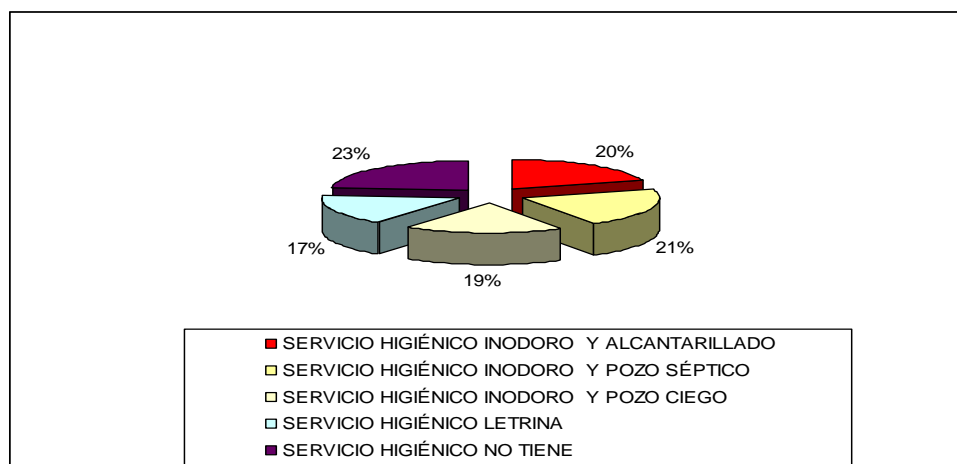
Al analizar la Tabla 1.5 se observa, que en los quintiles 1 y 2: el 80% y el 66% de los hogares respectivamente no poseen servicio de alcantarillado. En tanto que el 58% y el 44% respectivamente no tienen servicio de agua potable por red pública. Este cuadro indica de alguna forma que los quintiles mencionados tienen viviendas catalogadas como de tipo inadecuada y mejorable, lo cual incrementaría el porcentaje de necesidad de una vivienda digna que disponga de todos los servicios básicos necesarios para un buen desenvolvimiento de sus habitantes. (Tabla 1.5 y Gráficos: 1.5, 1.6)

GRÁFICO 1.5. DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BÁSICOS DE LA VIVIENDA POR QUINTILES DE HOGAR



INEC. BID. Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - Octubre 2006). Pág. 33

GRÁFICO 1.6. SERVICIOS BÁSICOS DE LA VIVIENDA –HOGARES NACIONAL, QUINTIL 1



INEC. BID. Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida
Quinta ronda (noviembre 2005 - Octubre 2006). Pág. 33

La tendencia en los materiales de construcción para ser usados en paredes exteriores (que involucra indirectamente a las paredes interiores), corresponde al hormigón, ladrillo y bloque, sumando estos tres el 79%; generando como resultado los problemas antes indicados de incremento de costos, fundamentados en el alto desperdicio de material, mayor tiempo de ejecución y

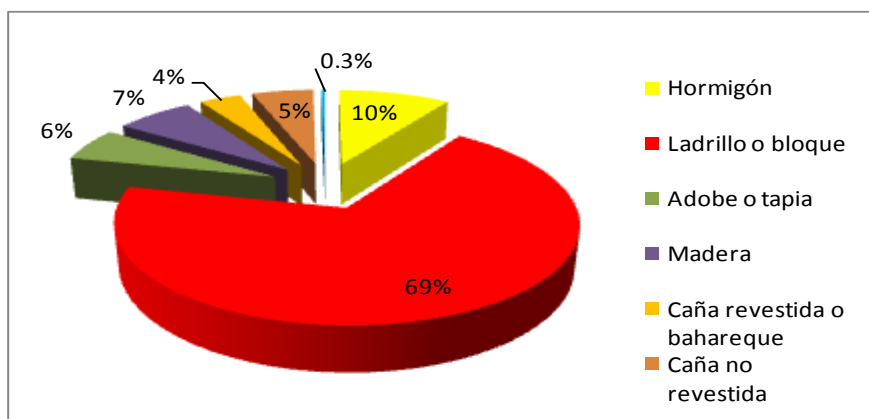
necesidad de más personal, valores que incide en el precio de la vivienda. (Tabla 1.6 y gráfico 1.7).

TABLA 1.6. MATERIAL DE PAREDES EXTERIORES

MATERIAL DE PAREDES EXTERIORES	CASOS	%	ACUMULADO %
Hormigón	360061	9.6	9.6
Ladrillo o bloque	2582795	68.9	78.5
Adobe o tapia	212934	5.7	84.2
Madera	249913	6.7	90.8
Caña revestida o bahareque	133173	3.6	94.4
Caña no revestida	198405	5.3	99.7
Otros materiales	11638	0.3	100.0
Total	3748919	100	100

CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA 2010
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS - INEC, ECUADOR
 CEPAL/CELADE Redatam+SP 11/17/2011

GRÁFICO 1.7. TIPO DE MATERIAL USADO EN PAREDES EXTERIORES. TOTAL NACIONAL



CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA 2010
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS - INEC, ECUADOR
 CEPAL/CELADE Redatam+SP 11/17/2011

1.3. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO

En la búsqueda de materiales alternativos, que intenten reducir costos, de fácil producción, aplicación y que cumplan a satisfacción propiedades técnicas. La

presente investigación presenta el desarrollo de un panel prefabricado tipo sándwich que tiene prestaciones estructurales como último objetivo.

Sin embargo, para lograr este propósito dada la amplitud del alcance que tiene, se particulariza en una primera etapa, el desarrollo de la producción del panel optimizado en laboratorio, generando un proceso piloto que permita la obtención de paneles homogéneos, que garanticen la reproducibilidad del producto dentro de tolerancias aceptables.

La presente investigación además propondrá mecanismos de control basados en ensayos normalizados, a través de los cuales se identificarán las propiedades del panel y calificará su homogeneidad.

El alcance como tal de la investigación, es un proceso no industrializado, que genere en laboratorio un proceso piloto que intenta controlar las variables que existen para fabricar un panel en condiciones homogéneas y con materiales previamente seleccionados que no constituyen variables para esta investigación.

1.4. OBJETIVOS Y METAS DEL PROYECTO

En el contexto analizado anteriormente que involucra déficit de vivienda, mejora de procesos constructivos, optimización de recursos y como objetivo final a largo plazo viviendas económicas. Se presenta un programa de investigación que se compone de las siguientes etapas:

1. Desarrollo del material en fase de laboratorio.
2. Metodologías de fabricación y cálculo.
3. Procesos constructivos.
4. Análisis económicos.
5. Factibilidad financiera.

Es, en esta primera fase, que se enmarca la presente investigación, denominada Etapla 1. “Fabricación y estudio de paneles de Fibropoliuretano en su fase de laboratorio”

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un panel prefabricado compuesto de Fibrocemento y Poliuretano que se denominará Panel de Fibropoliuretano, en su etapa de laboratorio.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar y proponer el proceso de fabricación de los Paneles prefabricados de Fibropoliuretano en laboratorio, el cual tiene que ser reproducible y generar un material homogéneo.
- Seleccionar las normas existentes y aplicables a los paneles tipo sándwich, para determinar los parámetros físicos y mecánicos a través de los cuales se calificará la homogeneidad.
- Implementar los ensayos en laboratorio requeridos, según las normativas investigadas.
- Verificar la homogeneidad del panel a través de los resultados obtenidos frente a los diferentes parámetros, en cada uno de ellos y en la producción total.
- Analizar las propiedades físicas y químicas de los paneles de Fibropoliuretano y sus posibles daños al medio ambiente y a los seres humanos.

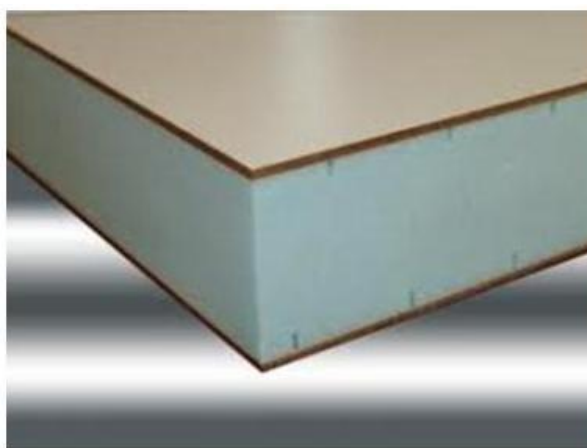
CAPÍTULO II

2. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL PANEL

2.1. DEFINICIÓN, PANEL TIPO SÁNDWICH

Se denomina Panel Sándwich a la estructura compuesta de: dos capas de lámina rígida delgada, impermeable y de alta resistencia llamadas caras, puede ser de metal, aluminio, Gypsum, fibrocemento, madera, etc., y una capa gruesa de material ligero conocida como núcleo, generalmente de bajas características mecánicas y de prestaciones térmicas y acústicas, puede ser de fibra de vidrio, poliuretano, poliestireno, etc. Fotografía 2.1.

El concepto más simple de Panel sándwich emitido por la ASTM, indica que es “una construcción de tres capas formadas por la unión de una capa delgada (de cara) a cada lado de una capa gruesa (núcleo)”⁷.



FOTOGRAFÍA 2.1. PANEL TIPO SÁNDWICH

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

⁷ASTM, Norma técnica C274-07 *Terminología estándar de construcciones estructurales sándwich*, Volumen ASTM 15.03, Pág. 1

2.2. SELECCIÓN DE COMPONENTES

2.2.1. MATERIALES DE CAPA DELGADA, QUE CONFORMAN LAS CARAS

En el mercado de la construcción se encuentran algunos tipos de alternativas a ser usados para este fin, entre los principales productos que se manejan en nuestro país, se tiene: Planchas de Gypsum, madera (aglomerado contrachapado), metal, aluminio, y de Fibrocemento.

2.2.1.1.. Planchas de Gypsum

Las planchas de Gypsum o de yeso “son productos formados de un núcleo incombustible hecho esencialmente de yeso cubierto por ambos lados con papel, la cara del papel cubre las orillas biseladas de la plancha a todo lo largo para mayor fortalecimiento y protección del núcleo”⁸, los extremos tienen un acabado en corte cuadrado.

Su principal característica es que no generan “el crecimiento de moho y hongos cuando son transportados, almacenados, manejados, instalados y mantenidos adecuadamente. Para lograr esto, la plancha debe estar siempre seca [...] y debe almacenarse en un área que lo proteja de las inclemencias del clima, inclusive en obra”⁹ ; en su proceso de instalación y en su vida útil.

Este material debe ser protegido con plástico en su tránsito el cual debe ser retirado una vez se descargue el producto, caso contrario se propicia el crecimiento de moho y hongos, no debe almacenarse en el suelo; para su colocación debe haber suficientes tablones para proveer un soporte adecuado a lo largo de la plancha y así evitar deformaciones del producto.

⁸ PANEL REY, *Catalogo de Productos*, Descripción, Febrero del 2012, Pág. 7, www.panelrey.com

⁹ Idem, manejo y almacenamiento. Pág. 7.

Su principal desventaja es que no debe estar expuesto a humedad excesiva o continua antes, durante o después de su instalación; estas planchas no son un elemento estructural y no deben ser usados como base para atornillar o clavar.

Estas planchas son de diferente naturaleza, entre las principales anotamos:

- Fabricados únicamente para ser usados en interiores, no deben ser expuestos a ningún tipo de humedad ni a temperaturas altas.
- De resistencia al fuego, debido a que contienen en su estructura a más de yeso, fibras resistentes a temperaturas elevadas y aditivos especiales.
- Planchas para exteriores, a ser instaladas en la parte exterior de los marcos de muros o molduras por debajo de otros materiales para aplicación exterior como madera, metal, fachadas de ladrillo, estuco. etc. La cara de este panel no está diseñada para recibir un acabado tradicional como estucos, pinturas o textura.
- Planchas resistente al moho y hongos microscópicos, de núcleo incombustible hecho esencialmente de yeso para ser hidrófugo, limitando así la absorción de humedad del medio ambiente, el papel que lo cubre está tratado para limitar el desarrollo de colonias de microorganismos lo que protege al producto. No puede ser usado en exteriores ni expuesto a la intemperie.
- Plancha resistente a la deflexión, con papel especial, resistente a condiciones críticas de humedad, carga y espaciamiento entre soportes.

En caso de ser usados como muros deben estar atornillados o soportados por canales de carga y postes viga para su soporte, recubiertos por una base sellante para su protección a los agentes externos, además debe ser colocada entre los dos canales, una colchoneta de fibra de vidrio o de poliestireno que le ayudará en el aislamiento térmico y acústico del mismo. Fotografía 2.2.



FOTOGRAFÍA 2.2. ESTRUCTURA DE SOPORTE DE PLANCHAS DE GYPSUM

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

2.2.1.2. Planchas de Madera: aglomerado, MDF, melamínico

Los tableros de madera aglomerada, son un material de construcción generalmente compuesto de hojas o láminas de madera superpuestas y encoladas entre sí formando una plancha rígida.

Tableros de Aglomerado

Para su fabricación se utiliza el tronco y las ramas de los árboles, se emplean partículas o virutas de pino secadas y clasificadas las mismas que se agrupan por tamaño, son encoladas pegadas y prensadas.

Estos tableros poseen características de menor combustiónabilidad que la madera sólida, según las normas NFPA (National Fire Protection Association; Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego)” los tableros de partículas y de fibra están clasificados como no combustibles de la clase II”.¹⁰

Los tableros de aglomerado pueden resistir los climas húmedos, la abrasión, derrame de líquidos corrientes y el rayado en sus trabajos gracias al papel melamínico que lo recubre y sus cantos que deben estar sellados, se recomienda

¹⁰AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. *Ficha Técnica, Rh melanina*. Febrero del 2012, www.cotopaxi.com.ec

hacer bordos para su estabilidad y durabilidad o se puede colocar silicón o pintura.

También se comercializan tableros sin la capa de melamínico, viene lijado en ambas caras y listo para recibir acabados de diferente tipo, se usan principalmente en interiores.

Tableros de MDF

Para su fabricación “se usa el tronco sin corteza del árbol, del cual se obtiene la fibra del tablero [...], se emplea fibra de pino secada y clasificada, para ser encolada posteriormente por resinas uréicas, la fibra así dispuesta forma un colchón que se prensa a altas temperaturas y presiones para obtener un tablero compacto que luego de su período de enfriamiento se lija en ambas caras [...] para conseguir un tablero con capas exteriores e interiores”¹¹ de buen acabado y de densidad estándar.



FOTOGRAFÍA 2.3. TABLEROS DE AGLOMERADO Y MDF

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

2.2.1.3. Planchas de Metal

Este tipo de planchas es usado principalmente en techos, por su bajo peso y versatilidad de trabajo, en el recubrimiento de paredes o formación de las mismas

¹¹ Idem, *Ficha técnica Fibraplac crudo*, Pág. 4

no son aceptados por ser un material que no permite dar acabados finales o decorativos.



FOTOGRAFÍA 2.4. PLANCHAS DE METAL

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

2.2.1.4. Planchas de Fibrocemento

Los paneles de fibrocemento están compuestos por una mezcla de cemento hidráulico, sílice, fibras naturales y aditivos. Estos componentes, mediante un proceso de autoclave se someten a elevadas temperaturas, proceso que genera un producto con estabilidad dimensional y resistencia según normativas.

Es un “material inerte, resistente al agua, fuego, inmune a los hongos, plagas, roedores y otros agentes biológicos, que le confieren a este material una larga vida útil y estabilidad”¹²; haciéndolo ideal para el uso en muros, entrepisos, cielos rasos, bases de cubierta, fachadas, recubrimiento y otras aplicaciones.

2.2.1.5. Comparación de Planchas, que pueden emplearse como caras en la fabricación de Paneles Sándwich y Selección de la más conveniente.

Para realizar esta comparación se ha utilizado las siguientes fichas técnicas de propiedades físicas – mecánicas, suministradas por los fabricantes, de los diferentes productos:

¹² Eternit Ecuatoriana S.A. *Sistema constructivo en seco* www.eternit.com.ec, Pág. 11

TABLA 2.1. PROPIEDADES FÍSICAS, PLANCHAS DE GYPSUM

Propiedades Físicas				
Características	UNIDADES	1/2"	5/8"	Método
Espesor Nominal	in/1000	500 ± 62.5	625 ± 62.5	ASTM C-1177
Ancho	in	Nom - 0.125	Nom - 0.125	ASTM C-1177
Longitud	in	Nom ± 0.25	Nom ± 0.25	ASTM C-1177
Cuadratura	in	± 0.125	± 0.125	ASTM C-1177
Peso ¹	lb/MSF kg/Pz 4x8	1950 28.3	2250 32.7	-
Resistencia a la Flexión Paralela	Lb _f	≥ 80	≥ 100	ASTM C-1177
Resistencia a la Flexión Perpendicular	Lb _f	≥ 100 ≥ 107	≥ 140 ≥ 147	ASTM C-1177 ASTM C-1396
Resistencia a Cargas ¹	Lb /ft	540	654	ASTM E-72
Flexión en Húmedo	in	≤ 1/4"	≤ 1/8"	ASTM C-1177
Nail Pull	Lb _f	≥ 80	≥ 90	ASTM C-1177
Dureza de Núcleo	Lb _f	≥ 15	≥ 15	ASTM C-1177
Dureza de Canto	Lb _f	≥ 15	≥ 15	ASTM C-1177
Resistencia a la Humedad	%	≤ 10	≤ 10	ASTM C-1177
Permeabilidad ¹	perms	40.2	-	ASTM E-96
Resistencia Térmica ¹	°F·ft ² ·hr/BTU	0.45	-	ASTM C-618
Combustibilidad ^d	-	Incombustible Noncombustible		ASTM E-136
Desarrollo de Flama / Generación de Humo ¹	-	0 / 0	0 / 0	ASTM E-84
Expansión Higrótérmica ¹	in/in/%RH	5.03 x 10 ⁻⁶	6.25 x 10 ⁻⁶	ASTM D-1037
Expansión Térmica ¹	in/in/°F	9.43 x 10 ⁻⁶	9.26 x 10 ⁻⁶	ASTM E-228
Resistencia a la Tracción ¹	psi	46.2	-	ASTM C-297
Resistencia a la Compresión ¹	psi	725	-	ASTM C-473
Resistencia al Moho	-	10	10	ASTM D-3273

¹. Valores de carácter informativo.

FUENTE: Catálogo de productos Panel Rey, Propiedades físicas de los Paneles Glass Rey, www.panelrey.com, Pág. 5.

TABLA 2.2. PROPIEDADES FÍSICAS- MECÁNICAS, TABLEROS DE AGLOMERADO

PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS

Espesor (mm)	Formato (m)	Desidad (kg)	Humedad %	Hinchamiento (1 hora%)	Flexión - Módulo de ruptura (MDR) (Kg/cm2)	Tracción perpendicular a las caras (Kg/cm2)	Extracción de tornillo en el canto (Kg)
4	2.15x2.44	750 ±6%	5-11	<0=30	>0=250	>0.50	x
6	2.15x2.44	720 ±6%					x
9	2.15x2.44	680 ±6%					x
12	2.15x2.44	650 ±6%			>0=200		>0=80
15	2.15x2.44						
18	2.15x2.44						
19	2.15x2.44						
25	2.15x2.44						
30	2.15x2.44						

FUENTE: Aglomerados Cotopaxi S.A.; Ficha Técnicas productos Duraplac, www.cotopaxi.com.ec

TABLA 2.3. PROPIEDADES FÍSICAS- MECÁNICAS, TABLEROS DE MDF

PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS

Espesor (mm)	Formato (m)	Densidad (kg)	Humedad %	Hinchamiento (1 hora%)	Flexión - Módulo de ruptura (MDR) (Kg/cm ²)	Tracción perpendicular a las caras (Kg/cm ²)	Extracción de tornillo en el canto (Kg)
4	1.83x2.44	800 ±6%	5-11	<0-5	>0=400	>0-8.0	x
8	1.83x2.44	750 ±6%			>0=300		x
9	1.83x2.44	600 ±6%			>0=300		x
12	1.83x2.44	595 ±6%		<0-3	>0=270	>0-7.5	x
15	1.83x2.44	595 ±6%					>90
18	1.83x2.44	595 ±6%					>80

*Para satisfacer las necesidades de sus clientes, Aglomerados Cotopaxi puede cambiar los valores indicados.

FUENTE: Aglomerados Cotopaxi S.A; Ficha Técnicas productos Fibraplac. . www.cotopaxi.com.ec

TABLA 2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, PLANCHAS DE FIBROCEMENTO

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

Conductividad térmica Descripción	Unidad	Valor	Norma
Clasificación			
Tipo		B	NTC-4373
Categoría		3	
Tolerancias			
Espesor	mm	(+ -) 0.3	
largo	mm	(+ -) 2	Internas
Ancho	mm	(+ -) 2	
Cuadratura	mm	(+ -) 4	
Resistencia a la Flexión			
Saturado longitudinal	MPa	7	
Saturado transversal	MPa	10	NTC-4373
Seco longitudinal	MPa	9	
Seco transversal	MPa	15	
Módulo de Elasticidad			
Saturado longitudinal	MPa	4256	ASTM 1185
Saturado transversal	MPa	4216	
Movimiento Hídrico			
Longitudinal (paralela)	mm /m	1.2	ASTM D-1037
Transversal (perpendicular)	mm /m	1.1	
Resistencia al Impacto			
Seco al horno (Charply)	Kj/m ²	1.56	ASTM D-256
Saturado	Kj/m ²	2.86	
Resistencia al Fuego			
Propagación de las Llamas		0	ASTM C-85
Producción de Humos		0	
Coeficiente de Expansión Term. Lineal			
Paralelo	cm/ °C	6.5 (°10 ⁻⁶)	ASTM D-1037
Perpendicular	cm/ °C		
Otras Propiedades			
Densidad	g / cm ³	1.25	NTC-4373
Contenido de humedad	%	2.72	ASTM 1185
Absorción de agua (sin hidrofungar)	%	35	NTC-4373
Resistencia a la tracción al clavo seco	kg.	124.3	ASTM C-518
Conductividad térmica	W/m °C	0.263	ASTM C-518
NTC: Norma Técnica Colombiana MPa=Mega Pascual ASTM American Society Testing and Material Kj=Kilo Julio W=Watio			

FUENTE: Eternit Ecuatoriana S.A. Sistema constructivo en seco., www.eternit.com.ec, Pág. 6

TABLA 2.5. COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE PLANCHAS, A EMPLEARSE COMO CARAS EN PANELES SÁNDWICH

TIPO DE PLANCHA	PROPIEDADES DE LAS PLANCHAS			
	HUMEDAD	FUEGO	FLEXIÓN	TRACCIÓN
Gypsum	NO (solo un determinado tipo lo hace; ? 10%)	SI (dependiendo un tipo determinado)	Paralela ? 36.3 - 45.4 Kg f Perpendicular ? 45.4 - 66.7 Kg f	3.26 Kg/cm2
Aglomerado -MDF	SI (materiales recubiertos con melamínico resiste humedad 5-11%)	SI (material no combustible tipo II, norma NFPA)	Aglomerado ? 180-250 Kg/cm2 MDF ? 270-400 Kg/cm2	Aglomerado >0.50 Kg/cm2 MDF ? 7.5 - 8.0 Kg/cm2
Fibrocemento	SI (Contenido de humedad 2.72%)	SI (no propagación de llamas ni humos)	Longitudinal 91.7 Kg/cm2 Transversal 152.9 Kg/cm2	A la tracción al clavo seco 124.3 Kg
ANÁLISIS Y SELECCIÓN	El aglomerado resiste la humedad siempre y cuando este cubierto totalmente incluso en sus cantos. El fibrocemento resiste la humedad sin necesidad de un acabado especial.	El Gypsum se disgrega a cierta temperatura. El Aglomerado tiene una combustión tipo II. El fibrocemento no propaga llamas ni emite humos.	El valor más alto de resistencia a la flexión pertenece al aglomerado	El mayor valor de tracción corresponde al Fibrocemento

FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

De acuerdo a la información presentada en las fichas técnicas provistas por los fabricantes y su respectiva comparación, se selecciona como material para formar las caras del panel tipo Sándwich a las placas de Fibrocemento, basados en:

- Inmunidad a la humedad, sin tratamientos previos.
- Alta resistencia a la combustión.
- Valores de flexión y tracción aceptables.
- Estabilidad física propia del material.
- Material liviano, fácil de transportar y maniobrar.
- Estabilidad ante la acción de factores ambientales.
- De fácil y rápida instalación.
- Aislante térmico y acústico.
- Mantenimiento sencillo.

2.2.2. MATERIALES DE CAPA GRUESA, QUE CONFORMA EL NÚCLEO

La capa media o núcleo que conforma el panel debe ser gruesa, pudiendo ser una estructura de condición flexible o rígida, que principalmente tenga propiedades térmicas y acústicas, en nuestro país los productos utilizados para este fin son: Poliestireno Expandido y Espuma de Poliuretano.

2.2.2.1. Poliestireno

Producto derivado del petróleo, es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno, existen 4 tipos de este material:

1. Poliestireno en cristal, producto transparente, rígido y quebradizo.
2. Poliestireno de alto impacto, resistente y opaco.
3. Poliestireno expandido, muy ligero (EPS)
4. Poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

Polímero: “Son macromoléculas formadas por la unión de moléculas más pequeñas, llamadas monómeros”¹³.

Termoplástico: “Plástico que al calentarse es deformable y se endurece en estado vítreo cuando se enfría lo suficiente”¹⁴.

Polimerización: “Proceso químico por el que los reactivos monómeros se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de mayor tamaño llamada polímero”¹⁵.

¹³ WIKIPEDIA, Polímero, Febrero del 2012. <http://es.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADmero>

¹⁴ Idem, Termoplástico, Febrero del 2012. <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopl%C3%A1stico>

¹⁵ Idem, Polimerización, Febrero del 2012. <http://es.wikipedia.org/wiki/Polimerizaci%C3%B3n>

Estireno: “Es un hidrocarburo aromático manufacturado por la industria química, es un líquido incoloro que se evapora fácilmente”¹⁶.



FOTOGRAFÍA 2.5. PLANCHAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Las principales ventajas y desventajas de este material son:

- Ligero y resistente (la densidad del material guarda relación con las propiedades de resistencia mecánica, su densidad varía de 10 a 35 Kg/m³)
- Excelente capacidad de aislamiento térmico (esta capacidad está definida por el coeficiente de conductividad térmica que en el caso de los productos de EPS varía al igual que las propiedades mecánicas con la densidad aparente).
- Pobre comportamiento frente a los factores atmosféricos, la acción prolongada de la luz UV, hace que la superficie del EPS se torne amarilla y se vuelva frágil de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla.
- Es un material combustible, debe tomarse prevención contra incendios, el material expuesto a 100°C empieza a reblandecerse lentamente y se contrae sin aumentar la temperatura se funden, si permanecen expuestos al calor emiten productos de descomposición gaseosa inflamables.

¹⁶ Idem, Estireno, Febrero del 2012. <http://es.wikipedia.org/wiki/Estireno>

2.2.2.2. Poliuretano

La espuma de poliuretano es un material sintético y duroplástico, altamente reticulado y no fusible que se obtiene de la mezcla de dos componentes generados mediante procesos químicos a partir del petróleo y el azúcar; el Isocianato y el Polioli. La estructura sólida y uniforme que genera esta mezcla la hace ideal para uso como aislante y habitualmente en impermeabilización.

Fusible: “Permite el paso de la corriente mientras ésta no supere un valor establecido”¹⁷

La espuma de poliuretano tiene una elevada capacidad aislante debido a la baja conductividad térmica que posee el gas espumante de sus células cerradas, que puede situarse en $10^{\circ}\text{C} = 0.022 \text{ W/m}\cdot\text{K}$,¹⁸ este valor puede aumentar con el envejecimiento del material a $0.028 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Presenta una gran resistencia frente a los efectos del paso del tiempo y tiene una larga vida útil manteniéndose sin deteriorarse durante más de 50 años.

Entre las ventajas y desventajas de esta material tenemos:

- Es un material aislante eficiente, requiere un espesor mínimo para aislar lo mismo que cualquier otro material en mayor espesor.
- Es un producto continuo resistente al fuego, con adherencia, permeabilidad, estabilidad física y química, puede ser usado como revestimiento continuo para uso de impermeabilización en edificaciones.
- Garantiza la protección frente a la humedad, haciendo posible la transpiración del elemento, previniendo toda clase de patologías de higiene, salubridad y confort, es decir tiene dos características importantes: es impermeable y permite la transpiración en cualquier clima sin necesidad de barrera de vapor.

¹⁷ ELECTRONICA UNICROM, Fusible, Febrero del 2012, http://www.unicrom.com/Tut_fusible.asp

¹⁸ Unidad de la conductividad térmica del S.I. de medidas (W/m.K) (Watt por metro Kelvin)

- Es un material orgánico y por tanto combustible, la mayoría de veces el material aislante no queda a la vista, sino detrás de superficies tales como muros, paredes, suelos, techos, por tanto la espuma de poliuretano dependerá en gran medida de los valores de resistencia al fuego de los materiales que compongan dichas superficies. Fotografía 2.6.
- La espuma de poliuretano utilizada como aislamiento térmico es un material ligero y de baja densidad, este material combinado con otros disminuye la transmisión de sonidos y amortigua vibraciones y resonancias.



FOTOGRAFÍA 2.6. POLIURETANO, FRENTE AL FUEGO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

2.2.2.3. Comparación de elementos aislantes, que pueden emplearse como núcleo en la fabricación de Paneles Sándwich y selección del más conveniente.

Para realizar esta comparación se ha utilizado las siguientes fichas técnicas de propiedades físicas – mecánicas, entregadas por los fabricantes, de los diferentes productos:

TABLA 2.6. DATOS TÉCNICOS, POLIURETANO

Características técnicas	
Densidad del producto expandido	20 Kg/m ³
Rendimiento de la espuma expandida	30 lt. aprox.
Forma celular	Media - fina
Secado al polvo	30 minutos aprox.
Temperatura de trabajo (ambiental, del envase y de la superficie)	
Mínima	+ 5° C aprox.
Máxima	+ 30° C aprox.
Óptima	De + 15° C a + 25° C.
Carga de rotura (DIN 53455)	13 N/cm ²
Resistencia a la flexión (DIN 53423)	75 N/cm ²
Tracción a cizalla (DIN 53422)	8 N/cm ²
Resistencia a la compresión para un 10% de deformación (DIN 53421)	8 N/cm ²
Absorción de agua (DIN 53428)	0,4% (v/v)
Conductividad térmica (DIN 52612)	0,032 Kcal/m ² C/h
Expansión	150% aprox.
Resistencia a la temperatura de un cordón de espuma curado	-40° C a +80° C

FUENTE: Bostik España, Hoja de datos técnicos, poliespuma, www.bostik.es

TABLA 2.7. DATOS TÉCNICOS, POLIESTIRENO

PROPIEDADES	NORMA UNE	UDS.	TIPOS EPS						
			TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO VI	TIPO VII
DENSIDAD Nominal	EN-1602	Kg/m ³	10	12	15	20	25	30	35
DENSIDAD Mínima		Kg/m ³	9	11	13,5	18	22,5	27	31,5
ESPESOR MÍNIMO		mm	50	40	30	20	20	20	20
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA I (10°C)	92201	mW/(mK)	46	43	39	36	35	34	33
Tensión por COMPRESIÓN deformación del 10%. (s10)	EN-826	KPa	30	40	65	100	150	200	250
Resistencia permanente a la COMPRESIÓN con una deformación del 2%		KPa	-	-	15-25	25-40	35-50	45-60	55-70
Resistencia a la FLEXION (sB)	EN-12089	KPa	50	60	100	150	200	275	375
Resistencia al CIZALLAMIENTO	EN-12090	KPa	25	35	50	75	100	135	184
Resistencia a la TRACCION	EN-1607 EN-1608	KPa	-	<100	110-290	170-350	320-410	300-480	420-580
Módulo de Elasticidad		KPa	-	<1,5	1,6-5,2	3,4-7,0	5,9-7,2	7,7-9,5	9-10,8
Indeformabilidad al calor instantánea		°C	100	100	100	100	100	100	100
Indeformabilidad al calor duradera con 20.000 N/m ²		°C	75	75	75	80	80	80	80
Coefficiente de dilatación térmica lineal		1/K (x10 ⁻⁵)	05-Jul	05-Jul	05-Jul	05-Jul	05-Jul	05-Jul	05-Jul
Capacidad Térmica Específica		J/(kgK)	1210	1210	1210	1210	1210	1210	1210
Clase de reacción al fuego		-	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4	M1 ó M4
Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 7 días	EN-12087	% (vol.)	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,5
Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 28 días	EN-12087	% (vol.)	01-Mar	01-Mar	01-Mar	01-Mar	01-Mar	01-Mar	01-Mar
Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua	92226	1	<20	<20	20-40	30-50	40-70	50-100	60-120

FUENTE: Poliexpandidos Cia. Ltda. Datos técnicos de alivianamientos de Poliestireno, www.poliex.com.ec

TABLA 2.8. COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE MATERIALES AISLANTES, PARA EL USO COMO NÚCLEO DE PANELES SÁNDWICH

TIPO DE MATERIAL AISLANTE	PROPIEDADES DE LOS AISLANTES			
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	ABSORCIÓN DE AGUA	DENSIDAD DEL PRODUCTO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
Poliestireno EPS	De 33 - 46 mW/ (mk)	0.5 - 1.5 %	35 Kg/m ³	Con una deformación del 2%, entre 1.5-2.5 N/cm ²
Poliuretano, espuma rígida	0.032 Kcal/m/°C/h	0.4% (v/v)	20 Kg/m ³	Para un 10% de deformación, de 8 N/cm ²
ANÁLISIS Y SELECCIÓN	El Poliuretano tiene la mejor capacidad aislante del mercado por ser un producto de estructura sólida	El rango de absorción en el Poliuretano es aceptable, adicional a esto permite la transpiración.	Con una densidad menor el Poliuretano tiene mejor capacidad Aislante.	El poliuretano soporta en un mayor grado la deformación por compresión

FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

De acuerdo a los datos presentados en las fichas técnicas de los productores, se selecciona como material para formar el núcleo del panel tipo Sándwich, a la espuma rígida de Poliuretano, basados en:

- Aceptable absorción de humedad.
- Resistencia a la combustión.
- Valores de compresión aceptables.
- Rigidez característica del material.
- Estabilidad ante la acción de factores ambientales.
- Bajo coeficiente de conductividad térmica, aislante térmico y acústico.

2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES COMPONENTES

2.3.1. PLANCHAS DE FIBROCEMENTO

Antecedentes:

“El Fibrocemento fue creado por el ingeniero austríaco Ludwig Hatschek en el año 1900. Para su fabricación, originalmente se utilizaba el amianto como fibra de refuerzo, pero cuando aparecieron los problemas de asbestosis (Neumoconiosis

provocada por la inhalación de asbesto) que éste provocaba, se fue abandonando paulatinamente su uso en los distintos países”¹⁹.

Las empresas dedicadas a su fabricación han intentado sustituir el asbesto por otros tipos de fibras, como fibras de celulosa, fibra de vidrio, o fibras vinílicas. En la actualidad el crisotilo es utilizado para su fabricación, ya que no produce problemas de *Neumoconiosis* que es un conjunto de enfermedades pulmonares resultante de la inhalación y acumulación de polvo inorgánico y otros.

Definición:

“Las láminas planas de fibrocemento pueden estar compuestas de una combinación de cemento hidráulico, o un aglutinante de silicato de calcio con fibras orgánicas o fibras sintéticas inorgánicas. Dentro del proceso pueden añadirse rellenos y pigmentos que sean compatibles con el cemento reforzado con fibras”²⁰.

Principales Componentes:

Cemento:

Material Hidráulico pulverizado, compuesto principalmente de combinaciones de óxido de calcio con sílice, alúmina y óxido férrico.

El cemento hidráulico utilizado principalmente en mampostería y construcción de recubrimientos y elaboración de productos en general, consistente en una mezcla de cemento Portland o cemento hidráulico compuesto y materiales plastificantes (tales como piedra caliza, cal hidráulica o cal hidratada) junto con otros materiales introducidos para aumentar una o más propiedades como: tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua, y durabilidad.

¹⁹ WIKIPEDIA, Fibrocemento, Febrero del 2012, <http://es.wikipedia.org/wiki/Fibrocemento>

²⁰ NTE INEN 2 084: 1996, *Láminas de Fibro-Cemento. Requisitos* 1era edición, , Página 1

Las materias primas necesarias para su producción son el carbonato cálcico, sílice, alúmina y mineral de hierro que son extraídos normalmente de la roca caliza, la creta, la pizarra arcillosa o la arcilla. Todas estas materias primas se extraen de las canteras mediante explosivos y otros sistemas, estos son molidos y transportados hasta la fábrica donde se almacenan y homogenizan.

Esta molienda cocida en el horno a temperaturas de hasta 1500°C, luego de enfriarse, produce el Clínker que es el material básico para la producción de los cementos. El cemento más usado es el tipo Portland Puzolánico que se aplica para obras estructurales, construcciones y productos en general, este debe cumplir los siguientes requisitos mecánicos y físicos, mostrados en la tabla 2.9

TABLA 2.9. REQUISITOS MECÁNICOS Y FÍSICOS DEL CEMENTO

TIPO DE CEMENTO ^A	NORMA APLICABLE	IS (<70), IT(P<S<70), IP, IT(PzS)	IS (<70) (MS), IT(P<S<70) (MS), IP(MS), IT(PzS) (MS)	IS (<70) (HS), IT(P<S<70) (MS), IP(HS), IT(PzS) (HS)	IS (≥70), IT(S≥70)	IP (LH) ^B , IT(PzS) (LH) ^B
Finura	NTE INEN 198, NTE INEN 957	c	c	c	c	c
Expansión en autoclave, % máximo	NTE INEN 200	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave, % máximo ^D	NTE INEN 200	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, Ensayo de Vicat ^E	NTE INEN 158					
Fraguado, minutos, no menor a		45	45	45	45	45
Fraguado, horas, no mayor a		7	7	7	7	7
Contenido de aire en el mortero, volumen % máximo ^A	NTE INEN 195	12	12	12	12	12
Resistencia a la compresión, mínimo ^A , MPa	NTE INEN 488					
3 días		13,0	11,0	11,0	--	--
7 días		20,0	18,0	18,0	5,0	11,0
28 días		25,0	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación máximo: ^F	NTE INEN 199					
7 días, kJ/kg		290	290	290	-	250
(cal/g)		(70)	(70)	(70)	-	(80)
28 días, kJ/kg		330	330	330	-	290
(cal/g)		(80)	(80)	(80)	-	(70)
Requerimiento de agua, % máximo, en peso del cemento,	NTE INEN 488	-	-	-	-	64
Contracción por secado, % máximo.	NTE INEN 2 504	-	-	-	-	0,15
Expansión en mortero, % máximo: ^G	NTE INEN 867					
14 días		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
8 semanas		0,080	0,080	0,080	0,080	0,080
Resistencia a los sulfatos, % máximo: ^H	NTE INEN 2 503					
Expansión a 180 días		(0,10) ^I	0,10	0,05	-	(0,10) ^I
Expansión a 1 año		-	-	0,10	-	-

^A Cementos con Incorporador de aire, deben tener un contenido de aire en el mortero de 19% ± 3% en volumen y la resistencia a compresión mínima no debe ser menor que 80% de la resistencia del tipo de cemento sin incorporación de aire comparable.

^B Aplicable solamente cuando se necesita bajo calor de hidratación o no se requiere altas resistencias a edades tempranas.

^C En todos los Informes del fabricante requeridos, según se indica en el numeral 10.4, se debe informar la cantidad retenida al tamizar en húmedo en el tamiz de 45 µm (No. 325) y la superficie específica medida con el aparato de permeabilidad al aire, m²/kg.

^D Los especímenes a ser sometidos al ensayo de expansión en autoclave se deben mostrar firmes y duros y no deben mostrar signos de distorsión, roturas, fisuras, picaduras o desintegración.

^E El tiempo de fraguado se refiere al tiempo inicial de fraguado en la NTE INEN 158. El tiempo de fraguado de cementos que contengan una adición funcional acelerante o retardante solicitada por el usuario no requiere cumplir con los límites de esta tabla, pero debe ser establecido por el fabricante.

^F Aplicable solo cuando se especifica moderado (MH) o bajo (LH) calor de hidratación, en cuyo caso los requisitos de resistencia deben ser el 80% de los valores indicados en la tabla.

^G El ensayo de expansión en el mortero es un requisito opcional a ser aplicado solo a pedido del comprador y no se requiere a menos que el cemento vaya a ser utilizado con áridos reactivos con los álcalis.

^H En los ensayos para un cemento Tipo (HS); el ensayo a un año ya no es necesario cuando el cemento cumple con el límite a los 180 días. Un cemento (HS) que no cumpla el límite a 180 días no debe ser rechazado a menos que no cumpla con el límite a un año.

^I Criterio opcional de resistencia a los sulfatos, aplicable solamente cuando se especifica.

FUENTE: NTE INEN 0490, 5ta revisión, 2011, Cementos hidráulicos compuestos. Requisitos. Tabla 2. Pág. 6

Aglutinantes:

Son sustancias usualmente líquidos, que se usan para mantener fijos o unidos dos o más componentes, es decir es el ligante que une un componente con otro.

Silicato:

Sal de ácido silícico formada a partir de un ácido del silicio y una base: el talco y la mica son silicatos. Los silicatos constituyen los productos fundamentales de la litosfera, los silicatos naturales constituyen la clase VIII de la clasificación mineral, integran el 95% de la parte conocida de la corteza terrestre. Se caracterizan por la falta de color propio, aspecto no metálico, raya blanca y elevada dureza.

Fibras:

Son estructuras unidimensionales, largas y delgadas. Se doblan con facilidad y su propósito principal es la creación de tejidos. Los polímeros útiles como fibras son los que tienen un alto grado de cristalinidad y fuerte interacción de cadenas adyacentes, esta orientación incrementa la resistencia de los tejidos.

Las fibras pueden dividirse en clases: fibras naturales como: lana, seda, etc., que son proteínas complejas, fibras celulósicas hechas por el hombre, fibras no celulósicas hechas por el hombre, fibras vegetales: algodón fino, yute, etc., que son polímeros de celulosa y fibras inorgánicas como el asbesto, amianto.

Fibras orgánicas, dentro de esta denominación se hallan incluidas otras como las fibras de polietileno de cadena alargada o las fibras de polímeros de líquido termotrópico (son polímeros líquido-cristalinos) cristalino, y fibras de aramida.

Polietileno, Polímero termoplástico del etileno. Es un material incoloro y traslúcido muy estable, por sus propiedades aislantes se utiliza en la industria eléctrica. La industria química fabrica a base de polietileno, recipientes, tubos, revestimientos, etc., para líquidos corrosivos.

Fibras de aramida, designa una categoría de fibra sintética, robusta y resistente al calor.

Fibra sintética, existen tres tipos de fibras sintéticas: las primeras proceden de una sustancia conocida como celulosa, que se encuentra en las plantas; la segunda procede principalmente del petróleo y se denominan fibras plásticas y la tercera se obtiene a partir de minerales, como la fibra de vidrio.

Fibras sintéticas inorgánicas, como el asbesto, amianto. La fibra de vidrio es la única fibra de origen inorgánico (mineral) que se utiliza en los tejidos corrientes.

Crisotilo, fibra mineral que no se quema ni se pudre, resiste a la mayoría de los productos químicos, es flexible y tiene una gran resistencia a la tracción. Esta combinación única de propiedades, hace del crisotilo un material extremadamente útil, que durante muchas décadas fue considerado como un componente principal de productos livianos de cemento reforzado, materiales de fricción, sellos y guarniciones para altas temperaturas.

Usos y ventajas:

De acuerdo a las características técnicas estas placas se pueden cortar y perforar. Se utilizan en construcciones como material de tabiquería y también se emplea con la ayuda de soportes metálicos para la fabricación de paredes exteriores. Las placas constituidas por este material se presentan lisas u onduladas en distintas longitudes, además se fabrican piezas especiales de las más variadas formas. Fotografía 2.7



FOTOGRAFÍA 2.7. PLANCHAS PLANAS DE FIBROCEMENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

2.3.1.1. Especificaciones Físicas

Las especificaciones físicas de los materiales, son las características o cualidades que posibilitan su identificación, con las cuales se diferencian o distinguen de otros materiales que en algunos casos pudieran ser semejantes.

Tipos:

Las láminas planas de fibrocemento se comprenden en dos tipos:

Tipo A: Láminas destinadas a aplicaciones externas donde pueden estar sujetas a la acción directa del sol y la lluvia. Estas láminas se clasifican de acuerdo a su módulo de rotura. Tabla 2.12.

Tipo B: “Láminas destinadas a aplicaciones internas y externas donde no estén sujetas a la acción directa del sol y la lluvia, y se clasifican también de acuerdo a su módulo de rotura”²¹. Tabla 2.12.

Estas láminas son de forma regular y espesor muy reducido con relación a sus dimensiones, la lámina puede ser plana, cuando sus secciones transversales siguen la dirección de una línea recta y ondulada cuando una de sus secciones transversales sigue la dirección de una línea ondulante. Para el fin de este estudio se analizará y utilizará las láminas planas.

La principal propiedad que debe cumplir este producto es la Estabilidad Física, es decir la capacidad del producto para mantener sus dimensiones y propiedades, cuando está en contacto con medios: sólidos, líquidos y gaseosos, normalmente existentes en los ambientes contiguos.

Dimensiones nominales de las láminas:

Las láminas planas de Fibro-cemento se producen en dimensiones nominales de largo, ancho y espesor especificadas por el fabricante, con un largo máximo de 3m y un ancho máximo de 1,25m.

²¹ NTE INEN 2 084: 1996, *Láminas de Fibro-Cemento* 1era edición. Requisitos, Página 2.

La variación máxima admisible en el largo de las láminas debe ser de $\pm 8\text{mm}$, y en el ancho de $\pm 5\text{mm}$.

Sin embargo, sus dimensiones estándar de comercialización son: 1.22 x 2.44 m, lo cual permite modulaciones compatibles con otros elementos de construcción.

Espesor nominal:

El espesor de las láminas también está especificado por el fabricante, entre un mínimo de 3mm y un máximo de 30mm.

La variación máxima admisible en el espesor de las láminas debe ser de 10%, la diferencia máxima entre los valores extremos de los espesores medidos dentro de una misma lámina no debe exceder el 15% de su valor máximo.

En la tabla 2.10, se indica el uso o aplicación de los tableros dependiendo del espesor de los mismos.

TABLA 2.10. USOS DE TABLEROS DE FIBROCEMENTO POR ESPESOR

USOS	ESPESORES
Paredes y divisiones interiores	5 y 6 mm
Paredes y divisiones exteriores	6 y 8 mm
Frisos y fachadas	8 y 11 mm
Mesones	11 mm
Bases de tejas	11 mm
Eternit Ecuatoriana S.A, Ficha Técnica, Mega Board	

Aplicaciones:

Las planchas planas de Fibrocemento tienen múltiples usos, sin embargo su aplicación esta referenciada por su fabricante. La referencia de la tabla 2.11 de aplicación del producto, pertenece al producto Eterboard de la empresa Eternit Ecuatoriana S.A.

TABLA 2.11. APLICACIONES DE LAS PLANCHAS PLANAS DE FIBROCEMENTO

ESPESOR (mm)	FORMATO (mm)	PESO (Kg/un)	USOS RECOMENDADOS/ DESCRIPCIÓN
4	605 x 1214	4.12	Cielos rasos suspendidos
4	1220 x 1220	8.35	Cielos rasos suspendidos, clavados muebles, tableros, puertas
6	1220 x 2440	24.60	Cielos rasos a junta perdida, aleros, muros curvos
8	1220 x 2440	32.80	Muros interiores, aleros, cielos rasos a junta perdida, casetas sanitarias
10	1220 x 2440	42.00	Fachadas, bases para techo de alta pendiente, muebles, muros exteriores
11	1220 x 2440	46.20	Fachadas, bases para techo de alta pendiente, muebles, muros exteriores
14	1220 x 2440	57.40	Fachadas, bases para techo, muebles entrepisos
17	1220 x 2440	73.00	Entrepisos, escaleras, muebles
20	1220 x 2440	85.88	Entrepisos, escaleras, muebles

Eternit Ecuatoriana S.A, Ficha Técnica, Eterboard

Rectitud de los bordes:

Los bordes de la lámina deben ser rectos y no se admite una diferencia mayor de $\pm 3\text{mm/m}$.

Escuadría de los bordes:

La tolerancia en la escuadría de los bordes de las láminas será de $\pm 3\text{ mm/m}$ como máximo.

Color:

Los paneles son de color gris claro

Textura:

Un acabado de superficie contrastado resulta en una cara de textura lisa y la otra cara de textura rugosa.

Impermeabilidad:

Pueden aparecer manchas de humedad en la cara inferior de la lámina, pero en ningún caso deberá haber formación de gotas de agua.

2.3.1.2. Especificaciones Mecánicas

El comportamiento mecánico de un material es el reflejo de la relación entre su respuesta o deformación ante una fuerza o carga aplicada. Hay tres formas principales en las cuales podemos aplicar cargas: Tracción, Compresión y Cizalladura.

Resistencia a la flexión:

Es la propiedad del material sólido que indica su capacidad para resistir una carga a flexión transversal. El módulo mínimo de rotura de las láminas deberá ser el especificado en la tabla 2.12. El módulo de rotura debe ser el promedio de los valores obtenidos de los ensayos de las muestras en ambas direcciones.

La resistencia de láminas *Tipo A* debe especificarse únicamente en condiciones de humedad.

La resistencia de las láminas *Tipo B* debe especificarse únicamente en condiciones de equilibrio.

TABLA 2.12. MÓDULO DE ROTURA MÍNIMO

CATEGORÍA	RESISTENCIA EN HÚMEDO TIPO A Mpa	RESISTENCIA EN EQUILIBRIO TIPO B Mpa
1	----	4
2	----	7
3	7	10
4	13	16
5	18	22
NOTA: Si el fabricante incluye la resistencia del producto en su información, deberá indicar claramente su estado, según el método especificado en la NTE INEN 2 080. Debe indicarse si los valores son medios o mínimos. Los valores mínimos deben basarse en los mismos procedimientos de muestreo e inspección como para la clasificación de la tabla 1.		

NTE INEN 2 084:1996, 1era edición. Láminas planas de Fibro-cemento. Requisitos, Pág 3, Tabla 1

Módulo de elasticidad:

Es una constante elástica que relaciona una medida referida a la tensión y una medida referida a la deformación de un material en su zona elástica.

Los fabricantes del Fibrocemento como es el caso de Eternit Ecuatoriana S.A. indican las características Físico – Mecánicas que cumplen su producto, la misma que se detalla en la tabla 2.13.

TABLA 2.13. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS. PLANCHAS DE FIBROCEMENTO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR	NORMA
CLASIFICACIÓN			
Tipo		B	NTC-4373
Categoría		3	
TOLERANCIAS			
Espesor	mm	(+ -) 0,3	
Largo	mm	(+ -) 2	Internas
Ancho	mm	(+ -) 2	
Cuadratura	mm	(+ -) 4	
RESISTENCIA A FLEXIÓN			
Saturado longitudinal	MPa	7	
Saturado transversal	MPa	10	NTC-4373
Seco longitudinal	MPa	9	
Seco transversal	MPa	15	
MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Saturado longitudinal	MPa	4256	ASTM C1185
Saturado transversal	MPa	4216	
MOVIMIENTO HÍDRICO			
Longitudinal (paralela)	mm/m	1.2	ASTM D-1037
Transversal (perpendicular)	mm/m	1.1	
RESISTENCIA AL IMPACTO			
Seco al horno (Charpy)	Kj/m2	1,56	ASTM D-256
Saturado	Kj/m2	2,86	
RESISTENCIA AL FUEGO			
Propagación de llamas		0	ASTM C-85
Producción de humos		0	
COEFICIENTE EXPANSIÓN TERM. LINEAL			
Paralelo	cm./°C	6,5(*10 -6)	ASTM D-1037
Perpendicular	cm./°C		
OTRAS PROPIEDADES			
Densidad	g/cm3	1,25	NTC-4373
Contenido de humedad	%	2,72	ASTM 1185
Absorción de agua (sin hidrofugar)	%	35	NTC-4373
Resistencia a la tracción al clavo en seco	Kg.	124.3	ASTM C-518
Conductividad térmica	W/m °C	0,263	ASTM C-518
MPa=Mega Pascal Kj=Kilo Julio W= Watio			
NTC: Norma Técnica Colombiana			
ASTM: American Society Testing and Material			
Eternit Ecuatoriana S.A, Ficha Técnica, Eterboard			

Resistencia al aplastamiento

Es una propiedad de los materiales sólidos que indica su capacidad para resistir el colapso por cargas externas de compresión.

Los tableros que son utilizados para la construcción de fachadas en general, es decir para el presente estudio, cumplen con las siguientes propiedades mecánicas, como se indica en la tabla 2.14.

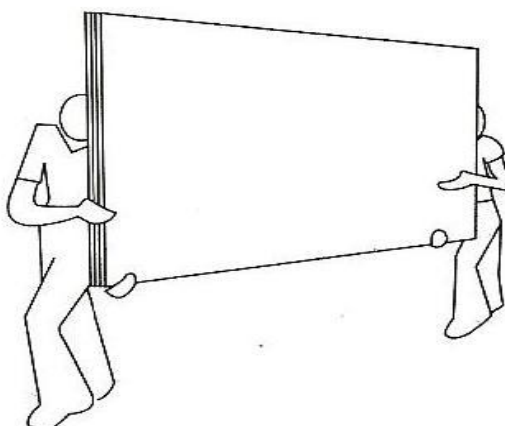
TABLA 2.14. PROPIEDADES MECÁNICAS PLANCHAS DE FIBROCEMENTO

ESPESOR mm	FORMATO mm	PESO Kg.	RES / FLEXIÓN kg/cm2		MOD/ELASTIC. MPa		DUREZA kg
			Long.	Transv.	Long.	Transv.	
10	1220 x 2440	42.08	71,38	101,97	4256	4216	37.65
14	1220 x 2440	58.91					
Tolerancia de espesor		+/- 10%		Coeficiente de dilatación		< 1.2 mm/m	
Tolerancia de cuadratura		2 mm/m		Combustibilidad		Nula	
NOTA							
Resistencia Paralela 7 MPa equivalente a 71,38 Kg/cm2							
Resistencia Perpendicular 10 MPa equivalente a 101,97 Kg/cm2							
Eternit Ecuatoriana S.A, Ficha Técnica, Eterboard							

2.3.1.3. Recomendaciones

- El transporte de las placas debe hacerse de manera vertical, manipulado por dos personas por su lado largo, nunca del lado corto ni de las esquinas, para que no existan cortes ni roturas y así perder innecesariamente paneles.

FIGURA 2.1. TRASLADO DE PLANCHAS DE FIBROCEMENTO



FUENTE: Ficha Técnica. Megaboard, ETERNIT ECUATORIANA S.A.

- Para su almacenamiento, debe ser bajo techo en un lugar fresco y ventilado, y si no es posible debe siempre estar cubierto, y apilado en forma horizontal separado del suelo.



FOTOGRAFÍA 2.8. ALMACENAMIENTO DE PLANCHAS DE FIBROCEMENTO

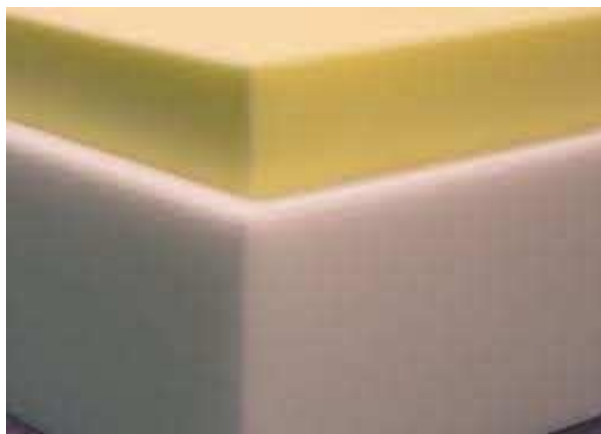
FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

2.3.2. POLIURETANO

El poliuretano es un producto, ampliamente utilizado en diversos procesos industriales. Fue el químico alemán Otto Bayer en el año de 1937, quien logró la primera sintetización del mismo y su fabricación a nivel industrial comenzó en los inicios de la década de los 40` (1940).

Actualmente, el poliuretano es muy usado en la fabricación de pinturas sintéticas, de espumas e incluso de paneles aislantes, para cámaras frigoríficas logrando un buen aislamiento.

El poliuretano, resiste muy bien el impacto de solventes químicos, por lo cual, puede ser utilizado en una amplia gama de procesos productivos, además, se destaca por una flexibilidad mayor, a la de otros agentes similares. Con una característica especial, que al ser cargado, retorna a su forma original al suprimir la carga.



FOTOGRAFÍA 2.9. POLIURETANO, PLANCHAS

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Definición:

“El poliuretano es un polímero que se obtiene mediante condensación de di-bases hidroxílicas combinadas con disocianatos. Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura”²².

Pueden ser: termoplásticos o termoestables:

- Poliuretano termoplástico, puede ser moldeado por inyección, extrusión y soplado. El poliuretano termoplástico se caracteriza por su alta resistencia a la abrasión, al desgaste, al desgarre, también pueden contener aditivos para conferir propiedades especiales: plastificantes, fibras, etc.
- Poliuretanos termoestables son poliuretanos con alta resistencia a la temperatura los más habituales son las espumas, muy utilizadas como aislantes térmicos y como espumas protectoras de tuberías de vapor y calderos.

Condensación, es el cambio de estado de la materia que se encuentra en forma gaseosa a forma líquida.

²² WIKIPEDIA, Poliuretano, Febrero del 2012, <http://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano>

Bases, sustancia que en disolución acuosa aporta iones OH^- al medio, es aquella sustancia capaz de aceptar un protón (H^+). Una base fuerte es la que se disocia completamente en el agua, es decir, aporta el máximo número de iones OH^-

Hidroxílicas, es una base fuerte, aquella que se disocia cuantitativamente en disolución acuosa, en condiciones de presión y temperatura constantes.

Uretano, se obtienen por reacción de amoníaco con carbonato de etilo o calentando nitrato de urea con etanol.

La gran versatilidad de los poliuretanos y la variedad de compuestos que los originan dan lugar a numerosos productos con una amplia utilización industrial. En la presente investigación se estudiará la conformación de los paneles de Fibropoliuretano, con la espuma de Poliuretano rígida.

Espuma de poliuretano:

Se forma básicamente por la reacción química de dos compuestos: Polioli e Isocianato, aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos dicha reacción libera dióxido de carbono, gas que va formando las burbujas.

Según el sistema de fabricación, se pueden dividir las clases de espumas de poliuretano en dos tipos:

- *Espumas en caliente*: liberan calor durante su reacción, fabricadas en piezas de gran tamaño, destinadas a ser cortadas posteriormente. Se fabrican en un proceso continuo, mediante un dispositivo llamado espumadora, que básicamente es la unión de varias máquinas, de las cuales la primera es un mezclador, que aporta y mezcla los diferentes compuestos a gran presión; la segunda es un sistema de cintas sin fin, que arrastra la espuma durante su crecimiento, limitándolo para darle al bloque la forma deseada; y la parte final de la espumadora es un dispositivo de corte, para cortar el bloque a la longitud deseada.

- *Espumas en frío*: son aquellas que apenas liberan calor en la reacción, se utilizan para crear piezas a partir de moldes; como rellenos de otros artículos; como aislantes, etc. Se fabrican mediante una espumadora sencilla, que consiste en un dispositivo mezclador.

Poliuretanos rígidos:

Su densidad está entre 30-50 kg/m³, utilizados como aislantes térmicos. La capacidad de aislamiento térmico del poliuretano se debe al gas aprisionado en las celdillas cerradas del entramado del polímero.

Principales Componentes:

Componente B. Isocianato

“Es un producto importante para la industria y es también conocido como MDI puro. El MDI reacciona con polioles utilizados en la fabricación de poliuretano junto con una resina formulada para producir espumas rígidas de poliuretano, para muy diversas aplicaciones”²³.

Algunos son de color café o marrón, con un olor elevadamente aromático, muy viscosos (3000-5000 cps-Viscosímetro Brookfield), y otros son casi transparentes y fluidos. Fotografía 2.10.



FOTOGRAFÍA 2.10. COMPONENTE 1. ISOCIANATO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

²³HUNTSMAN POLIURETANOS, *Isocianato para sistemas de poliuretano*. Ficha técnica, Rubinate 5005

Componente 2. Polioli

“Consiste en una mezcla cuidadosamente formulada y balanceada de glicoles (alcoholes de elevado peso molecular) complementada con catalizadores tensoactivos y agentes estabilizantes, estos condicionan la reacción y dan las características a la espuma final”²⁴.

La apariencia es como miel viscosa y puede tener un fuerte olor amoniacal.



FOTOGRAFÍA 2.11. COMPONENTE 2, POLIOL

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Isocianatos, “los Isocianatos orgánicos son compuestos de gran reactividad química, y son básicos en la producción de poliuretanos”²⁵.

Usos y ventajas:

Es un material muy versátil ya que, según los aditivos y los sistemas de fabricación utilizados, se puede conseguir características muy distintas y espumas destinadas a usos muy diferentes.

Desde los bien conocidos bloques de espuma elástica para colchones hasta espumas casi rígidas para juguetería, automoción o calzados y en la construcción, como aislante térmico o como relleno.

²⁴ HUNTSMAN POLIURETANOS, *Mezcla de Polioli Formulado, para sistemas de poliuretano*. Ficha técnica, Rubitherm LP 18401

²⁵ MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES DE ESPAÑA, Determinación de Isocianatos orgánicos, Febrero del 2012, www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/.../Ficheros/.../MA_034_A95.pdf

Para comparar las distintas espumas se suele utilizar mucho la densidad, pero sólo sirve como elemento comparativo cuando se habla de espumas con la misma composición, ya que distintas fórmulas dan características diferentes. En unas espumas se busca la mayor duración posible, en otras la economía, la transpirabilidad, la capacidad aislante, la facilidad de perfilar o dar forma y la ligereza, etc.

2.3.2.1. Especificaciones Físicas

Las principales propiedades físicas de este producto son:

TABLA 2.15. PRINCIPALES PROPIEDADES DEL POLIURETANO

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN	TOLERANCIA	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN
Densidad Empacada	40 Kg/m ³	± 2	ASTM D1622-98
% Celda Cerrada	90	± 5	ASTM D6226-98
Resistencia a la compresión	1.2 kg-CM ²	Min.	
Coef de conductividad térmica	0.019 W/M°K	± 0.002	ASTM C518-98
Gravedad Específica	1.11 a 25°C	± 0.05	ASTM D4052 -95
Viscosidad	1200 cps a 25°C	± 50	ASTM D4878-93, D4889-93
Punto de inflamación	250°C	± 50	ASTM D3278-95, D3828-95

GRUPO QUIMPAC, representante en Ecuador de Poliuretanos HUNTSMAN, Ficha Técnica

Dimensiones:

El tamaño y las dimensiones nominales de las espumas de poliuretano deben ser especificadas o solicitadas por el comprador o usuario, al igual que la forma que puede ser de: bloques, planchas, hojas u otras formas recortadas.

Densidad:

Las espumas de poliuretanos rígidas tienen una densidad entre 30-50 kg/m³, utilizadas principalmente como aislantes térmicos.

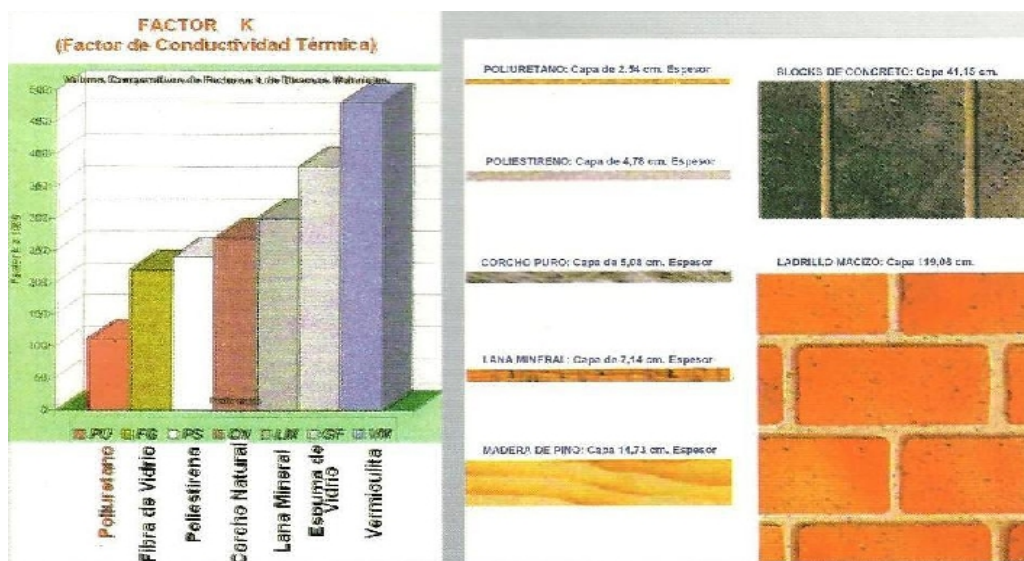
Porosidad:

La porosidad de una espuma de poliuretano, deberá permitir el flujo de aire a la velocidad que sea especificada para su naturaleza

Conductividad Térmica:

Como aislante térmico, tiene la más baja conductividad térmica comparada con otros productos. Figura 2.2.

FIGURA 2.2.FACTOR DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA



FUENTE: GRUPO QUIMIPAC, Ficha técnica, www.quimipac.com.ec; www.grupoquimipac.com.ec

2.3.2.2. Recomendaciones

Recomendaciones de almacenamiento:

El Polioli y el Isocianato deben ser protegidos de la humedad, manteniendo perfectamente cerrados los recipientes que lo contienen cuando no estén en uso. Las condiciones de almacenamiento serán de 20 – 25°C, y la vida útil del producto es de 6 meses

CAPÍTULO III

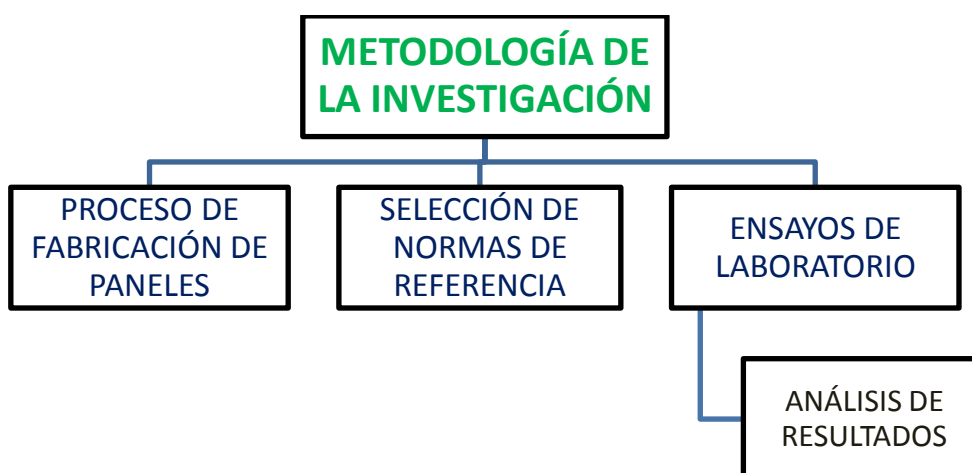
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología es una de las etapas específicas de un trabajo o proyecto, que parte de una posición teórica y conlleva a una selección de técnicas concretas (o *métodos*) acerca del procedimiento para realizar las tareas vinculadas con la investigación del proyecto.

Esta metodología depende de los postulados que la investigación considere válidos, sustentándose en los objetivos trazados, en las normas y el conocimiento científico disponible, porque será mediante la acción metodológica como se logrará alcanzar, ordenar y analizar la realidad estudiada.

La metodología que se ha seguido para este estudio parte desde la fabricación del panel, hasta el análisis de los resultados obtenidos de los ensayos, buscando en cada caso la homogeneidad del producto. Figura 3.1

FIGURA 3.1. ORGANIGRAMA DE LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, PARA LA BUSQUEDA DE LA HOMOGENEIDAD.



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Marzo 2012

La presente investigación corresponde al estudio y fabricación en fase de laboratorio de un nuevo panel llamado, Panel de Fibropoliuretano. Esta investigación propone entre sus objetivos “Someter a muestras extraídas de diferentes zonas del panel a solicitaciones de carga requeridos según normativas”, para analizar su comportamiento y verificar la homogeneidad de los paneles en función de los resultados obtenidos.

Los indicadores que permitirán calificar la uniformidad serán los obtenidos a través de los ensayos de dimensiones, densidad, absorción, envejecimiento, compresión, tracción, corte, y flexión a los cuales el panel ya conformado será sometido.

3.1. FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO.

OBJETIVO:

- Generar un proceso lógico y ordenado en la fabricación de los paneles de Fibropoliuretano en su fase de laboratorio, buscando la homogeneidad del producto.

MÉTODOS USADOS

1. Selección de la materia prima a usarse

En esta investigación se ha utilizado como productos componentes:

- Paneles de Fibrocemento de 8mm de espesor de la empresa Eternit Ecuatoriana S.A. (especificaciones técnicas, tabla 2.13 Y 2.14)
- Espuma rígida de Poliuretano de la empresa Huntsman Polyurethanes (especificaciones técnicas, tabla 2.15)

Se trabaja con estos materiales basados en las especificaciones técnicas y mecánicas de los productos componentes, los mismos que están normados por los fabricantes y no representan una variable para este estudio.

2. Verificación del lote de fabricación del productor

Los materiales a usarse deben pertenecer al mismo lote de fabricación tanto para el fibrocemento como para el poliuretano, para no tener variaciones que modifiquen la naturaleza de este estudio. Datos que son registrados en las fichas de fabricación del material (Subcapítulo 4.3)

3. Almacenamiento y condiciones de fabricación

El almacenamiento del material previo a la fabricación del panel, debe realizarse bajo condiciones climáticas estables, libre de la intemperie y bajo techo, de igual forma, el proceso de producción debe realizarse bajo las mismas condiciones, las cuales deben ser semejantes para la fabricación de cada uno de los paneles, buscando no tener variaciones que modifiquen la naturaleza de este estudio, todos estos datos están registrados en las fichas de fabricación del panel (Subcapítulo 4.3)

4. Normativa de la fabricación

Para obtener una fabricación en serie, se debe tener proporciones, tiempos y formas de vertido estándar para ser seguidos en todos los casos, al ser esta una investigación, se encontró la necesidad de plantearse 5 interrogantes necesarias para generar un procedimiento de fabricación.

- Primer Interrogante:

Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano. (Fichas de fabricación anexo del 4.1 al 4.4)

- Segundo Interrogante:

Tiempo y velocidad de mezclado correctos de la espuma de poliuretano. (Fichas de fabricación anexo del 4.5 al 4.10)

- Tercer Interrogante:

Densidad correcta de la espuma de poliuretano. (Fichas de fabricación anexo del 4.11 al 4.14)

- Cuarta Interrogante:

Tiempo de vertido para la espuma de poliuretano. (Fichas de fabricación anexo del 4.15 al 4.17)

- Quinta Interrogante:

Forma de vertido correcto de la espuma de poliuretano. (Fichas de fabricación anexo del 4.18 al 4.23).

Los resultados o conclusiones de este estudio, que norman la fabricación de estos paneles, puede ser verificado en la ficha de fabricación anexo 4.24.

5. Fabricación de Paneles a ser estudiados

Sustentándose en la normativa de fabricación propuesta se han elaborado 5 paneles con el fin de ser analizados en laboratorio, en sus respectivas fichas de fabricación se indica cada parámetro normativo que han cumplido para que sean considerados homogéneos. (Fichas de fabricación anexo del 4.25 al 4.28).

Los paneles fueron fabricados en distintas fechas, el panel 1 fue fabricado el 7 de julio del 2012 y los 4 restantes el 31 de julio del 2012. Esto se hizo con el fin de analizar la homogeneidad de paneles de Fibropoliuretano fabricados en diferentes fechas pero con condiciones o normativas de fabricación uniformes.

3.2. SELECCIÓN DE NORMAS DE REFERENCIA.

OBJETIVO:

- Investigar las normativas existentes aplicables a paneles tipo sándwich.

Toda investigación en laboratorio debe ser ejecutada según normas y parámetros técnico- científicos; el presente estudio corresponde a un nuevo producto el mismo que será o no avalado, luego de analizar su comportamiento frente a solicitudes como tracción, compresión, corte y flexión dando como resultado

propiedades o características que lo identifican e indicadores que respaldarán su homogeneidad como producto en laboratorio.

MÉTODOS USADOS

1. Verificación de la naturaleza del producto.

En primera instancia se define el tipo de producto investigando, para buscar las normativas que lo regirán:

- Es un material para construcción.
- Es un material compuesto, denominado panel tipo sándwich o emparedado.

2. Investigación de las Instituciones normativas

La primera opción deben ser las instituciones normativas nacionales o locales y luego las organizaciones internacionales.

- El Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, no posee en sus 2.000 normas técnicas, alguna referente a la naturaleza del producto en estudio.
- La *American Society for Testing and Materials*, ASTM; posee 1 comité específico llamado D30 que maneja los materiales compuestos, este a su vez tiene un sub comité D30.09 que tiene bajo su jurisdicción 21 normas que analizan las construcciones sándwich, análisis del presente estudio.

3. Análisis de las normas referentes

De las 21 normas ASTM que posee el sub comité D30.09, se ha escogido 7 normas, por considerarse apropiadas a la naturaleza del producto en estudio.

Además de las anteriores para este análisis se escogió 1 norma ASTM adicional que se aplica a dos propiedades: una física y una mecánica.

Suman en total 8 normas ASTM, con las cuales se ensayará el material en estudio para la obtención de sus características propias frente a fuerzas externas y los indicadores de su homogeneidad como producto.

3.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

OBJETIVO:

- Realizar los ensayos de laboratorio requeridos, para conocer y analizar el comportamiento y verificar la homogeneidad de los paneles en función de los resultados obtenidos.

1. Selección de las propiedades a ser analizadas

Las propiedades de la materia pueden ser generales para todo cuerpo como la masa, volumen, peso, etc. y también específicas, es decir que caracterizan a cada cuerpo permitiendo diferenciarlos de otros y proporcionan una identificación propia como la densidad, dureza, tenacidad, ductilidad, etc. Estas propiedades específicas pueden ser físicas o mecánicas dependiendo si se manifiestan con o sin alteración de su composición interna o molecular.

Para este estudio las propiedades físicas a ser analizadas se hallan en la tabla 5.2, y las propiedades mecánicas en la tabla 5.3

2. Normativas de ensayo

En cada norma técnica se detalla el procedimiento de ensayo, el tamaño de los especímenes, tiempo, temperatura, forma de carga, resultados a obtenerse, etc. Los cuales se analizarán individualmente para cada ensayo.

Cada una de las fases anteriormente expuestas se desarrolla por completo en los capítulos subsiguientes.

CAPÍTULO IV

4. PROCESO DE FABRICACIÓN

“Se define como proceso de fabricación o de producción, al sistema de acciones o actividades que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos”²⁶, que se formarán de materias primas, para generar productos para uso del consumidor o elementos de salida.

La presente investigación propone un proceso piloto de fabricación de un panel prefabricado tipo sándwich.

En la actualidad, las espumas rígidas de poliuretano se usan principalmente como revestimientos para cuartos fríos por sus cualidades térmicas, aprovechando su adherencia a hormigones, metales y materiales en general. Es esta segunda característica la que se aprovecha para la presente investigación.

En el mercado de la construcción se encuentran diferentes tipos de espumas de poliuretano, las cuales responden a técnicas propias de dosificación, mezclado y secado, las mismas que dan como resultado materiales de diferente, rigidez, densidad, porosidad, etc.

En tanto, que las planchas planas de fibrocemento por sus características de resistencia a la intemperie son usadas, en conjunto con almas de refuerzo de metal para conformar paredes, interiores y exteriores, tumbados y como elementos divisorios internos, se fabrican en distintos espesores los cuales responden a las diferentes especificaciones de su aplicación

El proceso de fabricación detallado en el presente capítulo, tiene como finalidad unir las propiedades características de estos dos materiales para conformar un

²⁶ UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, *Procesos productivos y distribución de planta*, http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/923/7/Capitulo_3.pdf, Pág. 55

nuevo panel que no tenga refuerzo metálico interno, únicamente que se forme de la unión de estos dos materiales, este proceso incluye la selección del espesor de la plancha plana de fibrocemento idónea para la conformación del panel y en el caso del poliuretano la respectiva dosificación, densidad, tiempo, velocidad de mezclado y forma de vertido entre las planchas planas de fibrocemento.

Un proceso lógico, seguro, sistemático, reproducible en etapa de investigación en laboratorio, será definido, con el propósito de la producción de un lote de paneles hermanos aptos para la ejecución de ensayos de control.

4.1. REQUISITOS

Todo proceso de fabricación debe tener un Sistema de Planificación y Administración que se basa en la planeación de la producción y el sistema de control de inventarios usados para los procesos de manufactura. Estos sistemas permiten llevar un control de diversas actividades, manejar información y canalizarla de manera apropiada a aquellas áreas que al integrarla podían ejecutar acciones mucho más rápidamente.

En el presente capítulo se considerará para la fabricación del panel, un Sistema de Planificación, en el cual se enumeran las actividades a realizarse en forma ordenada, las mismas que buscan una producción eficiente y correcta del producto, con la premisa de obtener un material homogéneo, el mismo que será probado en laboratorio.

Al ser este un tema de investigación, está sujeto a retroalimentación de cada una de las actividades, que buscan generar como resultado un proceso fiable, además la fabricación debe ser realizada de manera responsable tanto para el personal como para el medio ambiente.

En la tabla 4.1., se detalla el proceso de fabricación en etapa de laboratorio de los Paneles de Fibropoliuretano, basado en un sistema de planificación ordenada.

**TABLA 4.1. PROCESO DE FABRICACIÓN EN ETAPA DE LABORATORIO
“PANELES DE FIBROPOLIURETANO”**

4.2	PROCESO DE FABRICACIÓN: PANELES DE FIBROPOLIURETANO
4.2.1	A. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS COMPONENTES Ó MATERIA PRIMA
4.2.1.1	1. Verificación de Fibrocemento
4.2.1.2	2. Verificación de Poliuretano
4.2.1.3	3. Selección de materia prima adicional
4.2.1.4	4. Almacenamiento de los paneles y materia prima
	↓
4.2.2	B. ELABORACIÓN DE MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE LOS PANELES
4.2.2.1	1. Selección de materiales a usarse
4.2.2.2	2. Manipulación de materiales
4.2.2.3	3. Proceso de medida y corte de materiales
4.2.2.4	4. Proceso de soldadura de metales
4.2.2.5	5. Proceso de pulido de metales y afinamiento del molde
4.2.2.6	6. Manipulación y almacenamiento de molde
	↓
4.2.3	C. PRE-INVESTIGACIÓN PARA LA MEZCLA DE COMPONENTES DEL POLIURETANO
4.2.3.1	1. Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano
4.2.3.2	2. Tiempo y velocidad de mezclado de la espuma de poliuretano
4.2.3.3	3. Densidad de la espuma de poliuretano
4.2.3.4	4. Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano
4.2.3.5	5. Forma de vertido de la espuma de poliuretano
	↓
4.2.4	D. FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO
4.2.4.1	1. Manipulación de materia prima
4.2.4.2	2. Proceso de corte y modulación de paneles de fibrocemento
4.2.4.3	3. Colocación de desmoldante, de la 1era plancha y trazado para el vertido
4.2.4.4	4. Conformación del panel
4.2.4.5	5. Tiempo de secado del panel
4.2.3.6	6. Retiro del panel del molde
4.2.3.7	7. Verificación de la calidad del producto
4.2.3.8	8. Almacenamiento del panel
	↓
4.2.5.	D. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS
4.2.5.1.	1. Manipulación de residuos
4.2.5.2.	2. Disposición final de residuos

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.1.1. EQUIPO DE SEGURIDAD

Se entiende como equipo de seguridad y protección individual a cualquier equipo destinado a ser usado o sujeto por el trabajador que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en cualquier actividad o trabajo que desarrolle. Así como cualquier complemento y accesorios destinados a tal fin.

Adicional a la protección individual existe la protección colectiva, que son medidas que tratan de proteger a los trabajadores o personal en su conjunto y a sus instalaciones. Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar, ni limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva, o mediante medidas, métodos y procedimientos de organización del trabajo.

En todo proceso de fabricación de cualquier tipo de producto se hace indispensable, el uso de equipos de protección desde la manipulación, transporte de la materia prima, producción, fabricación, despacho hasta la entrega del material.

Para el presente estudio se utilizarán varios equipos de seguridad, los mismos que se detallan de acuerdo al paso de fabricación o elaboración en el que se encuentran, tal como se indica en la tabla 4.2.

Las fotografías de estos equipos de seguridad pueden verse en el capítulo 8, fotografía 8.6. Materiales de seguridad, para la fabricación de Paneles de Fibropoliuretano.

TABLA 4.2. EQUIPO DE SEGURIDAD USADO PARA LA FABRICACIÓN DE “PANELES DE FIBROPOLIURETANO”

4.2 EQUIPO DE SEGURIDAD: PANELES DE FIBROPOLIURETANO		
	ACTIVIDAD	EQUIPO DE SEGURIDAD
4.2.1	A.VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS COMPONENTES Ó MATERIA PRIMA	
4.2.1.1	1. Verificación de Fibrocemento	
4.2.1.2	2. Verificación de Poliuretano	
4.2.1.3	3. Selección de materia prima adicional	
4.2.1.4	4. Almacenamiento de los paneles y materia prima	Guantes de trabajo liviano hilo-caucho
		Overol jean
		Zapatos punta de acero
		Cinturones para protección de cintura y espalda
↓		
	ACTIVIDAD	EQUIPO DE SEGURIDAD
4.2.2	B. ELABORACIÓN DE MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE LOS PANELES.	
4.2.2.1	1. Selección de materiales a usarse	
4.2.2.2	2. Manipulación de materiales	Guantes de trabajo liviano hilo-caucho
		Overol jean
		Zapatos punta de acero
		Casco de seguridad
		Cinturones para protección de cintura y espalda
4.2.2.3	3. Proceso de medida y corte de materiales	Guantes de cuero antideslizantes de corte
		Overol jean
		Zapatos punta de acero
		Gafas o lentes de seguridad
		Mascarillas o respiradores
		Tapones auditivos
4.2.2.4	4. Proceso de soldadura de metales	Guantes de cuero
		Overol jean
		Zapatos punta de acero
		Máscara de soldar con vidrio N°12
4.2.2.5	5. Proceso de pulido de metales y afinamiento del molde	Guantes de cuero
		Overol jean
		Zapatos punta de acero
		Gafas o lentes de seguridad
		Mascarillas o respiradores
		Tapones auditivos
4.2.2.6	6. Manipulación y almacenamiento de molde	Guantes de trabajo liviano hilo-caucho
		Overol jean
		Zapatos punta de acero
		Casco de seguridad
		Cinturones para protección de cintura y espalda
↓		

4.2.3	C. PRE-INVESTIGACIÓN PARA LA MEZCLA DE COMPONENTES DEL POLIURETANO	
4.2.3.1	1. Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano	Guantes de nitrilo resistencia a solventes Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad Mascarilla o respiradores
4.2.3.2	2. Tiempo y velocidad de mezclado de la espuma de poliuretano	Guantes de nitrilo resistencia a solventes Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad Mascarilla o respiradores
4.2.3.3	3. Densidad de la espuma de poliuretano	Guantes de nitrilo resistencia a solventes Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad Mascarilla o respiradores
4.2.3.4	4. Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano	Guantes de nitrilo resistencia a solventes Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad Mascarilla o respiradores
4.2.3.5	5. Forma de vertido de la espuma de poliuretano	Guantes de nitrilo resistencia a solventes Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad Mascarilla o respiradores
↓		
	ACTIVIDAD	EQUIPO DE SEGURIDAD
4.2.4	D. FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO	
4.2.4.1	1. Manipulación de materia prima	Guantes de trabajo liviano Overol jean Zapatos punta de acero Cinturones para protección de cintura y espalda
4.2.4.2	2. Proceso de corte y modulación de paneles de fibrocemento	Guantes de cuero Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad de corte Mascarillas , de control de polvo y fibra al 95% Tapones auditivos
4.2.4.3	3. Colocación de desmoldante, de la 1era plancha y trazado para el vertido	Guantes de trabajo liviano Overol jean Zapatos punta de acero Mascarilla de control de polvo y fibra
4.2.4.4	4. Conformación del panel	Guantes de trabajo liviano hilo-caucho Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad Mascarilla o respiradores
4.2.3.5	5. Tiempo de secado del panel	Cinturones para protección de cintura y espalda
4.2.3.6	6. Retiro del panel del molde	Guantes de trabajo liviano hilo-caucho Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad
4.2.3.7	7. Verificación de la calidad del producto	Cinturones para protección de cintura y espalda Gafas o lentes de seguridad
4.2.3.8	8. Almacenamiento del panel	Guantes de trabajo liviano hilo-caucho Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad Casco de seguridad
↓		
	ACTIVIDAD	EQUIPO DE SEGURIDAD
4.2.5.	F. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	
4.2.5.1.	1. Manipulación de residuos	Guantes de trabajo liviano hilo-caucho Overol jean Zapatos punta de acero Gafas o lentes de seguridad Mascarilla o respiradores Casco de seguridad
4.2.5.2.	2. Disposición final de residuos	Cinturones para protección de cintura y espalda

FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Todos los trabajos deben ser realizados en un local con espacio suficiente y ventilado, con los equipos de seguridad indicados anteriormente y herramientas en buen estado. Cabe indicar que al tener procesos de complejidad media y limitarse la producción a fase de laboratorio no se necesita mayores equipos como extractores de polvos residuales o mascarilla para gases de soldadura, los cuales son indispensables en la producción industrial.

4.1.2 HERRAMIENTAS Y MAQUINARIAS

“Una herramienta es un objeto elaborado a fin de facilitar la realización de una tarea mecánica que requiere de una aplicación correcta de energía y tiempo. El término herramienta, se emplea para referirse a instrumentos resistentes [...], ventajosos para realizar trabajos mecánicos que requieren la aplicación de una cierta fuerza física”²⁷.

Todas las máquinas y herramientas destinadas al proceso de producción de los paneles, equipan de manera organizada para cada fin determinado de trabajo, a todo el personal o trabajadores.

Para la confección de los paneles además del personal y su seguridad, se necesita maquinaria en buen estado lo cual garantiza que las actividades programadas sean correctamente realizadas, evitando que se presenten desperfectos que causen errores en la producción. Las herramientas a ocuparse se detallan de acuerdo al paso de fabricación o elaboración en el que se encuentran, tal como se indica en la tabla 4.3.

²⁷ MERCADO DE UNICOS, *Herramienta*, Febrero del 2012, <http://pocosyunicos.com>

TABLA 4.3. HERRAMIENTAS O MAQUINARIAS USADAS PARA LA FABRICACIÓN DE °PANELES DE FIBROPOLIURETANO°

4.2	HERRAMIENTAS O EQUIPOS : PANELES DE FIBROPOLIURETANO	
	ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS O MÁQUINARIA
4.2.1	A. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS COMPONENTES Ó MATERIA PRIMA	
4.2.1.1	1. Verificación de Fibrocemento	
4.2.1.2	2. Verificación de Poliuretano	
4.2.1.3	3. Selección de materia prima adicional	
4.2.1.4	4. Almacenamiento de los paneles y materia prima	



4.2.2	B. ELABORACIÓN DE MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE LOS PANELES.	
	ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS O MÁQUINARIA
4.2.2.1	1. Selección de materiales a usarse	
4.2.2.2	2. Manipulación de materiales	
4.2.2.3	3. Proceso de medida y corte de materiales	Esmeriladora de 7"
4.2.2.4	4. Proceso de soldadura de metales	Soldadura eléctrica 225 Amperios
4.2.2.5	5. Proceso de pulido de metales y afinamiento del molde	Esmeriladora de 4" Compresor de 2HP
4.2.2.6	6. Manipulación y almacenamiento de molde	



4.2.3	C. PRE-INVESTIGACIÓN PARA LA MEZCLA DE COMPONENTES DEL POLIURETANO	
	ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS O MÁQUINARIA
4.2.3.1	1. Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano	Balanza de precisión media
4.2.3.2	2. Tiempo y velocidad de mezclado de la espuma de poliuretano	Taladro con Agitador de mezcla Balanza de precisión media
4.2.3.3	3. Densidad de la espuma de poliuretano	Balanza de precisión media
4.2.3.4	4. Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano	Cronometro
4.2.3.5	5. Forma de vertido de la espuma de poliuretano	Cronometro



4.2.4	D. FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO	
	ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS O MÁQUINARIA
4.2.4.1	1. Manipulación de materia prima	
4.2.4.2	2. Proceso de corte y modulación de paneles de fibrocemento	Sierra circular de 7½" Esmeriladora de 4"
4.2.4.3	3. Colocación de desmoldante, de la 1era plancha y trazado para el vertido	
4.2.4.4	4. Conformación del panel	
4.2.4.5	5. Tiempo de secado del panel	Cronometro
4.2.4.6	6. Retiro del panel del molde	
4.2.4.7	7. Verificación de la calidad del producto	
4.2.4.8	8. Almacenamiento del panel	



4.2.5.	F. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	
	ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS O MÁQUINARIA
4.2.5.1.	1. Manipulación de residuos	
4.2.5.2.	2. Disposición final de residuos	

FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

ESMERILADORA DE 7"

Un esmeril angular, amoladora angular o radial es una herramienta manual impulsada para cortar, desbastar y pulir. Se impulsa por un motor eléctrico, el mismo que anima una caja de engranajes en un ángulo recto, en la cual está montado un disco de desbaste o un disco de corte más delgado los cuales pueden ser reemplazados cuando se desgastan.

Los esmeriles angulares de 7" son utilizados para cortar cualquier material. Hay muchas y diferentes clases de discos, para metales, maderas y hormigones que se utilizan según la actividad, en el presente estudio se utiliza discos de corte (hoja de diamante).



FOTOGRAFÍA 4.1. ESMERILADORA DE 7"

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Características del equipo.

- Esmeriladora angular de 400 watt²⁸ con discos de corte para acero y hormigón, según la actividad que se realice, con su respectiva guarda de seguridad.
- Llaves de cambio de discos

²⁸ Watt o Vatio (en español) es la unidad de potencia requerida para hacer un trabajo. Unidad del S.I. equivalente a 1 Joule/seg

SOLDADORA ELÉCTRICA 225 Amperios²⁹

Es un equipo que sirve para unir elementos metálicos mediante cordones de soldadura manteniendo este enlace similares características físico mecánicas de sus elementos base

El sistema de soldadura eléctrica con electrodo recubierto se caracteriza, por la creación y mantenimiento de un arco eléctrico entre una varilla metálica llamada electrodo, y la pieza a soldar. El calor del arco funde parcialmente el material de base, al igual que el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura.



FOTOGRAFÍA 4.2. SOLDADORA ELÉCTRICA DE 225 Amperios.

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Características del equipo:

- Soldadora eléctrica de trabajo semi pesado 110/220 Voltios³⁰
- Provista de cable número 00, tanto para su tierra como para su porta electrodo.
- Breakers de seguridad incorporados a la máquina.

²⁹ El amperio es la unidad de intensidad de corriente eléctrica del S.I. Equivalente a 1 Culombio / seg

³⁰ Unidad de medición de la diferencia de potencial eléctrico o tensión eléctrica comúnmente llamado voltaje.

ESMERILADORA DE 4"

Máquina para cortar, desbastar y pulir. Por lo general se la emplea para trabajos en piezas pequeñas de cualquier material. Los esmeriles angulares típicamente tienen un protector ajustable para su operación con cualquiera de las dos manos.



FOTOGRAFÍA 4.3. ESMERILADORA DE 4"

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Características del equipo.

- Esmeriladora de 4" de 200 watts, con discos de desbaste de acero para el pulido del molde y discos de corte de hormigón para el pulido de los paneles de Fibropoliuretano ya confeccionado.
- Con guarda removible.

COMPRESOR DE 2 HP ³¹

El compresor es aquel que comprime (aprieta, oprime, reduce a menor volumen), el término se utiliza para nombrar a una máquina que a través de un aumento de la presión, logra desplazar fluidos compresibles, como los gases.

³¹ Caballo de potencia o Horse Power, es la unidad de potencia.

El compresor no sólo desplaza los fluidos, también modifica la densidad y la temperatura del fluido compresible. Los compresores se utilizan en diversos ámbitos, como en los equipos de aire acondicionado, los refrigeradores o heladeras.



FOTOGRAFÍA 4.4. COMPRESOR DE 2 HP

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Características del equipo:

- Compresor de aire de 2HP, con presión media de 100 psi³². Utilizado para la limpieza de residuos en el molde, en las pulidoras y equipos en general.

SIERRA CIRCULAR DE 7 ½"

La sierra circular es una máquina para cortar longitudinal o transversalmente maderas, fibrocemento, etc. Dotada de un motor eléctrico que hace girar a gran velocidad una hoja circular.



FOTOGRAFÍA 4.5. SIERRA CIRCULAR

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

³² Mide la presión de una fuerza aplicada a una superficie o distribuida sobre ella. 1 psi = 1 Lb/pulg²

Características del equipo

- Sierra circular de 7 1/2", con disco de tungsteno de larga duración para corte de madera, fibrocemento y otros materiales, con protección automática.

BALANZA DE PRECISIÓN MEDIA.

Se denomina con el término de balanza al instrumento que sirve y se utiliza para determinar la masa de un cuerpo con una precisión definida. La balanza deberá estar sometida a un proceso de verificación y calibración



FOTOGRAFÍA 4.6. BALANZA DE PRECISIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Características del equipo

- Balanza de uso semi profesional de 1 gramo de precisión, de encerado manual para el pesaje de los componentes.

TALADRO 800-1600 RPM 250 WATTS.

Sus tipos son muy variados y en general puede decirse que están formados por un bloque muy compacto que lleva un motor que hace girar el eje a través de un reductor de velocidades. También lleva las correspondientes empuñaduras para su manejo.

Para este estudio se le ha incorporado un agitador de metal, el mismo que será usado para la mezcla de los componentes que forman el poliuretano.



FOTOGRAFÍA 4.7. TALADRO. INCORPORADO UN AGITADOR DE MEZCLA

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Características del equipo:

- Taladro de 800-1600 revoluciones por minuto (rpm), 250 watts.
- Reversible para mezcla de los productos antes del llenado.
- Se ha colocado un agitador metálico para el mezclado

4.2. DESARROLLO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS PANELES DE FIBROPOLIURETANO

4.2.1. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE COMPONENTES O MATERIA PRIMA

TABLA 4.4. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS COMPONENTES PARA LA FABRICACIÓN DE “PANELES DE FIBROPOLIURETANO”

4.2	PROCESO DE FABRICACIÓN: PANELES DE FIBROPOLIURETANO
4.2.1	A.VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS COMPONENTES Ó MATERIA PRIMA
4.2.1.1	1. Verificación de Fibrocemento
4.2.1.2	2. Verificación de Poliuretano
4.2.1.3	3. Selección de materia prima adicional
4.2.1.4	4. Almacenamiento de los paneles y materia prima

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

El éxito de un producto depende de la materia prima que lo conforma. Esta investigación tiene como propósito analizar un panel formado de fibrocemento y poliuretano, el desarrollo de este producto y su aceptación como fiable para la construcción, depende a más de las propiedades idóneas de los componentes, de su proceso de fabricación el mismo que debe ser claro y preciso, obteniendo como resultado un producto homogéneo, para ser ensayado en laboratorio.

Se ha seleccionado para la conformación de este panel: placas planas de fibrocemento por su presencia y aceptación en el mercado de la construcción, por sus cualidades de resistencia a la intemperie y protección ante el fuego, facilidad de transporte y adaptación a todo tipo de trabajo; corte, lijado, clavado, etc. Este material es fabricado bajo normas de calidad descritas en el Capítulo 2.

El poliuretano tiene de igual forma, una presencia en el campo de los aislantes térmicos, su propiedad más importante es la de ser un aislante de gran capacidad, sin embargo no se puede dejar de mencionar su adherencia a cualquier tipo de material, plásticos, vidrios, metales, hormigones etc., y la auto-extinción de alguna llama o fuego accidental.

El uso de paneles prefabricados (cualquiera sean sus componentes) cada vez es más aceptado, debido a las propiedades y ventajas que ofrece a la construcción, parámetros en los cuales se basa esta investigación, y de los que se menciona:

- Facilidad de transporte por su bajo peso.
- Aislamiento térmico excelente y duradero.
- Buena barrera al agua y al vapor.
- Excelente estanqueidad al aire.
- Superficies exteriores capaces de ofrecer resistencia a los agentes atmosféricos y a ambientes agresivos.
- Posibilidad de levantar rápidamente estructuras sin complejos equipamientos de elevación.
- Capacidad de instalación en condiciones de tiempo adverso.
- Sencillez de reparación o sustitución en caso de daño.

- Economía en la producción en masa de componentes de calidad y composición uniforme.
- Larga vida con bajos costos de mantenimiento.
- Resistencia al fuego de paneles con núcleo aislante.

Adicional a lo citado, se indica que al ser este panel un producto de tipo prefabricado, debe cumplir también con otros requerimientos para ser considerado material adecuado para la construcción, entre los que se menciona:

- Corto tiempo de fabricación.
- Producto de características homogéneas.
- Reducida producción de desechos.
- Responsabilidad ambiental

La materia prima usada para la producción del panel de Fibropoliuretano son: dos planchas planas de Fibrocemento y una capa de espuma de Poliuretano.

4.2.1.1. Verificación del Fibrocemento

Las planchas de Fibrocemento están fabricadas a base de cemento Portland, sílice, fibras naturales y aditivos. Estos componentes mediante un proceso de autoclave se someten a elevadas presiones y temperaturas, proceso que da como resultado un producto con estabilidad dimensional, dureza y resistencia, características que lo hacen tan fácil de trabajar como la madera, pero que conserva las propiedades del cemento³³.

El Fibrocemento se lo encuentra en el mercado en diferentes espesores, de los cuales el fabricante indica o recomienda su uso de acuerdo al trabajo a realizarse, en el presente estudio se usarán planchas de espesor de 8mm en el formato comercial de 1220 x 2440 mm de un peso de 32.80 Kg, material recomendado

³³ Eternit Ecuatoriana S.A. Manual técnico, Eterboard, 1era edición, Quito, 2010, pág., 17

para el uso de muros interiores, aleros, cabinas sanitarias. Referirse a tabla 2.11 de subcapítulo 2.3.1.1.

Para garantizar la homogeneidad necesaria para las pruebas de laboratorio, se debe verificar algunos parámetros en el fibrocemento, tales como:

- Placas de un mismo lote de fabricación.
- Sin marcas de humedad concentrada.
- Sin puntas rotas.
- Sin fisuramientos.
- Sin protuberancias.
- Sin desprendimiento de fibras.
- Diferencia de medidas diagonales no mayor a 6mm.
- Diferencia de espesores no mayor a 1mm.
- Aristas rectas y perpendiculares con diferencias no mayores a 2mm.



FOTOGRAFÍA 4.8. PANEL DE FIBROCEMENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.1.2. Verificación del Poliuretano

La espuma de poliuretano es un material versátil, el cual según el tipo de aditivos y el sistema de fabricación utilizado, pueden generar espumas de distintas características y destinadas a usos muy diferentes. Las mismas pueden ser de tipo flexible y rígido.

Se puede encontrar poliuretanos que se forman de un sólo componente los cuales se endurecen al contacto con la humedad del aire, y otros que se constituyen por las reacciones cuando se mezclan dos componentes y se endurecen con mayor rapidez que las primeras.

Otro criterio para clasificar a las espumas es la densidad que normalmente se expresa en libras por pié cubico (pcf) o kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). La densidad es fundamental porque el poliuretano está formado por los materiales y el volumen de vacíos generados por la reacción de la mezcla.

La densidad se emplea únicamente para comparar las distintas espumas, y solo sirve como elemento comparativo cuando se habla de espumas con la misma composición, ya que espumas con diferente dosificación, producen densidades distintas.

Para el caso en estudio, se ha escogido la espuma rígida de poliuretano, formada de la mezcla de dos componentes Polioli e Isocianato, donde se considerará la densidad y adherencia de la misma a los paneles de Fibrocemento.



FOTOGRAFÍA 4.9. COMPONENTES DEL POLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Para garantizar la homogeneidad necesaria para las pruebas de laboratorio, se debe verificar algunos parámetros en el poliuretano, tales como:

- Los productos deben estar libres de impurezas.
- No debe existir solidificación de la capa superior.

- No debe evidenciarse asentamientos de sólidos.
- Los productos deben ser de fabricación reciente.
- No deben estar embodegados en el piso.
- Los sellos deben estar inalterados.

4.2.1.3. Selección de materia prima adicional

Como materia prima adicional para esta fabricación se menciona la necesidad de, los *agentes desmoldantes* o de separación, que son sustancias que reducen la adherencia entre dos superficies en contacto una con la otra, o forman una barrera física que permite un desmoldado perfecto para la mayoría de aplicaciones.

Generalmente en la producción de artículos moldeados los componentes tienden a pegarse a la superficie del molde, dificultando su extracción y en casos extremos se generan daños en el producto.

Los desmoldantes son sustancias que deben formar una película (capa muy fina de una sustancia) lisa, e inerte, deben ser químicamente resistentes, estables térmicamente, poseer baja solubilidad en el compuesto y ser incompatibles con los elastómeros. Además de poseer una vida útil prolongada, deben poseer un espesor micrométrico y bajo coeficiente de fricción.

Estos agentes protegen la superficie del molde de contaminación y facilita un uso prolongado del molde o su vida útil antes que se necesite su limpieza, reduce tiempos perdidos y disminuye costos. Los más usados para las espumas rígidas de poliuretano son:

- Agentes en polvo: como talco, mica, harina de maíz, etc. Producen un buen despegue del molde; el inconveniente es eliminar los residuos del agente en polvo, la molestia del polvo es un efecto secundario inaceptable que necesita de un tratamiento complejo al retirarlo.

- Agentes desmoldantes orgánicos: Son obtenidos en solventes o en forma acuosa como emulsiones, dispersiones o solución; son aplicados al molde como una capa fina a brocha o en spray. El efecto antiadherente es muy bueno pero la estabilidad térmica no es suficiente para soportar temperaturas de hasta 200°C. Los productos resultantes de la descomposición provocan la contaminación del molde y se forman incrustaciones. Estos productos son muy baratos y toxicológicamente inofensivos a menudo están contenidos en agentes desmoldantes combinados basados en siliconas.
- Aceites de silicona: Poseen un buen efecto de despegue y son térmicamente estables se usan como sprays, emulsiones acuosas o soluciones, dan a la superficie propiedades de antifricción y un brillo agradable.
- Agentes desmoldantes semipermeables: Basados en resina de silicona, son esparcidos sobre los moldes y reticulados (tejidos en forma de red) con calor, las resinas se ligan física o químicamente a la superficie del molde y luego de su aplicación durante el calentamiento del molde se adhieren al sustrato.



FOTOGRAFÍA 4.10. DESMOLDANTE PARA POLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Para la selección del desmoldante apropiado se toma en cuenta: material del molde, tipo de poliuretano a usarse, calidad de la superficie que se desea obtener. En la investigación se utilizará un molde de tipo metálico, y una espuma rígida de poliuretano, por tanto se requiere una superficie lisa; por lo cual se escoge un

desmoldante de base solvente aceite de silicona tipo translucido apropiado para espumas rígidas y moldes metálicos de superficie lisa, su uso será manual aplicándolo con brocha.

4.2.1.4. Almacenamiento de los paneles y materia prima

Para el almacenamiento de los paneles de Fibropoliuretano se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Los paneles deben almacenarse bajo techo, es decir protegiéndolo del sol y lluvia.
- La bodega o lugar donde se almacenan debe estar libre de humedad e inundamientos. Debe ser un lugar fresco y ventilado.
- En el caso de los paneles deben estar apilados en forma horizontal en un máximo de altura de 1m, sobre cuartones de madera colocados cada 60 cm, jamás directamente sobre el piso. Figura 4.1.

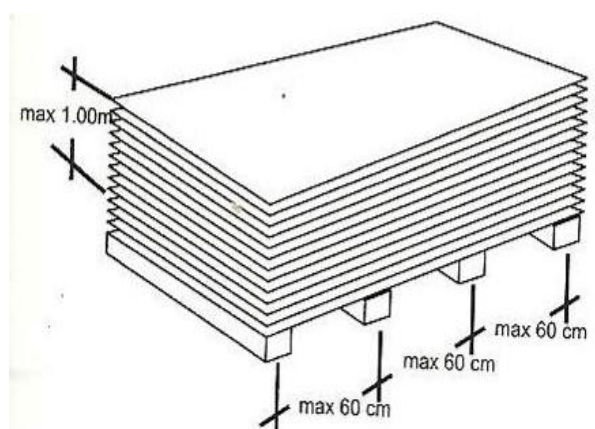


FIGURA 4.1. ALMACENAMIENTO DE PANELES

FUENTE: FICHA TÉCNICA, MEGABOARD, ETERNIT ECUATORIANA S.A.

- En el caso del poliuretano, las canecas o tanques que contienen al Polio y al Isocianato no deben estar directamente en el piso, deben reposar sobre pallets o repisas. Las canecas deben estar herméticamente selladas. Fotografía 4.11.



FOTOGRAFÍA 4.11. ALMACENAMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL POLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.2. ELABORACIÓN DE MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE PANELES

Uno de los elementos de mayor importancia en la fabricación en laboratorio del panel de Fibropoliuretano, es sin duda el molde, donde se dispondrán las dos placas de fibrocemento, las cuales deben mantenerse fijas mientras se deposita el poliuretano.

Además, este molde debe cumplir con las siguientes características:

- Solidez para mantener su horizontalidad
- Resistencia a grandes presiones
- Mantener sus dimensiones inalteradas
- Facilidad de transportar de ser el caso

Para esta selección se toma en cuenta que en el proceso de inyección del poliuretano se registran momentáneamente, altas presiones repartidas en toda el área y el perímetro del mismo, por tanto es necesario confeccionar un molde de materiales resistentes, que brinde una larga vida útil, y además pueda mantener las dimensiones y las holguras necesarias para la fácil remoción de los paneles una vez conformados dentro del molde.

Como etapa previa se probaron moldes de:

- Tablero Triplex con bordes de madera
- Tablero Triplex con bordes de madera y refuerzo de metal
- Marco metálico y rieles metálicas
- Plancha metálica de 2mm de espesor y marco de ángulos

TABLA 4.5. ELABORACIÓN DEL MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE “PANELES DE FIBROPOLIURETANO”

4.2.2	B. ELABORACIÓN DE MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE LOS PANELES
4.2.2.1	1. Selección de materiales a usarse
4.2.2.2	2. Manipulación de materiales
4.2.2.3	3. Proceso de medida y corte de materiales
4.2.2.4	4. Proceso de soldadura de metales
4.2.2.5	5. Proceso de pulido de metales y afinamiento del molde
4.2.2.6	6. Manipulación y almacenamiento de molde

FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.2.1. Selección de materiales a usarse

Para la confección del molde, se usará un respaldo de plancha de acero lisa A-36 de 4mm de espesor y para los costados se emplearán tubos rectangulares de 40x20x3mm, los cuales se unirán a la plancha, mediante soldadura eléctrica por cordones alternados usando electrodos E6011, fotografías 4.12 y 4.13.



FOTOGRAFÍA 4.12. PLANCHA DE ACERO NEGRO A-36 DE 4mm

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 201

4.2.2.2. Manipulación de materiales

La manipulación tanto de la plancha y tubo de acero debe realizarse usando los equipos de seguridad mencionados en la tabla 4.2.



FOTOGRAFÍA 4.13. TUBO DE ACERO RECTANGULAR DE 40x20x3mm

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.2.3. Proceso de medida y de corte de materiales

Para la fabricación de elementos que tendrán la función de moldes son necesarias considerar holguras tanto para una variación de dimensiones en los productos a unirse, como para la remoción del elemento una vez conformado.

En el caso de los paneles de fibrocemento, se considera una tolerancia de ± 2 mm en sus dimensiones de largo y ancho, medidas que se toman en cuenta como necesarias para prever una holgura total de ± 6 mm de largo y ancho en el molde, las dimensiones finales se muestran en la tabla 4.6

TABLA 4.6. DIMENSIONES FINALES INTERNAS DEL MOLDE

DIMENSIONES FINALES INTERNAS DEL MOLDE	
Longitud	2450 mm
Ancho	1228 mm
Espesor	44 mm

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

La plancha de acero y los tubos serán medidos con un flexometro, y si es necesario con una escuadra antes de su corte, el mismo que se hará con la esmeriladora de 7".

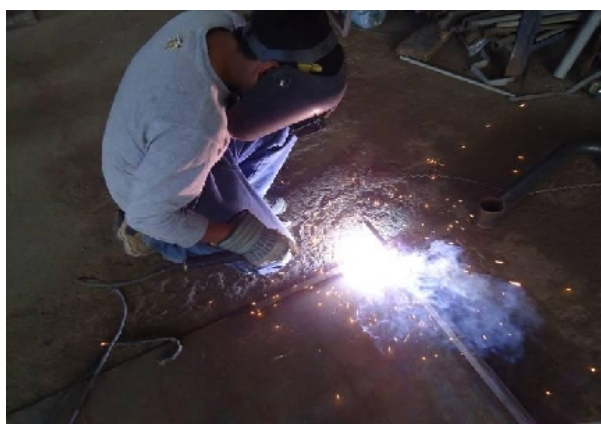


FOTOGRAFÍA 4.14. MEDIDA DE MATERIALES PARA ELABORACIÓN DEL MOLDE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.2.4. Proceso de Soldadura de metales

Una vez obtenidas las dimensiones y realizados los cortes se procede a la soldadura o unión de los tubos con la plancha de acero, para la formación del molde, tal como se observa en la fotografía 4.15.



FOTOGRAFÍA 4.15. SOLDADURA DE LAS PIEZAS DEL MOLDE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.2.5. Proceso de Pulido de métales y afinamiento de molde

Una vez soldados todos los componentes del molde, se procede a verificar la existencia de rebabas o protuberancias en el molde, en el caso de existir alguna se procede al pulido de las mismas con el esmerilador de 4". Fotografía 4.16

Para la limpieza del molde se utiliza el compresor de aire que retira todo tipo de material producido en el esmerilado del molde, dejándolo listo para su trabajo.



FOTOGRAFÍA 4.16. ESMERILADO DEL MOLDE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.2.6. Manipulación y almacenamiento del molde

La manipulación del molde debe realizarse usando los equipos de seguridad pertinente, indicados en la tabla 4.2., para el proceso indicado.

El almacenamiento del mismo debe realizarse en un lugar cerrado libre de humedad, para que no sufra oxidación por ser un material de acero. Debido a su peso y al hecho de que no debe sufrir alteración en su composición es preferible almacenarlo separado del piso o lugar donde se realiza el trabajo de producción.

Se debe realizar la limpieza del molde después de la fabricación de cada uno de los paneles, para mantenerlo libre de polvo, aceites y restos de poliuretano, etc., que dificultarían o alterarían la producción de los paneles.

4.2.3 PRE-INVESTIGACIÓN PARA LA MEZCLA DE COMPONENTES DE LA ESPUMA DE POLIURETANO

Al ser el presente estudio una investigación que involucra la fabricación de un panel que no existe como tal, su proceso de fabricación es nuevo; en el mismo se busca obtener un producto adecuado y homogéneo, que será probado en laboratorio para verificar sus propiedades físicas y mecánicas entregando como resultado su posible uso o no como mamposterías en construcción.

Por tanto y además como ya se indicó en el Capítulo Metodología, es preciso plantearse 5 interrogantes necesarias para poder formular un proceso estándar de fabricación, el mismo que se detalla en la tabla 4.7.

TABLA 4.7. PRE-INVESTIGACIÓN PARA LA MEZCLA DE COMPONENTES DE LA ESPUMA DE POLIURETANO

4.2.3	C. PRE-INVESTIGACIÓN PARA LA MEZCLA DE COMPONENTES DEL POLIURETANO
4.2.3.1	1. Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano
4.2.3.2	2. Tiempo y velocidad de mezclado de la espuma de poliuretano
4.2.3.3	3. Densidad de la espuma de poliuretano
4.2.3.4	4. Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano
4.2.3.5	5. Forma de vertido de la espuma de poliuretano

FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Para definir su proceso, se detallan ciertos conceptos o requerimientos que se necesita para la obtención de los Paneles de Fibropoliuretano, tales como:

Tiempo de crema:

En la mezcla de los dos componentes que forman el Poliuretano, existe un momento en que la mezcla toma un color y consistencia de crema, tiempo en el cual la misma debe ser colocada o irrigada sobre el panel para poder reaccionar eficientemente. Fotografía 4.17.

Si la mezcla se coloca antes del tiempo de crema, ésta no reacciona favorablemente, se considera como muy líquida y no se obtiene el desarrollo total

de la espuma de poliuretano, si por lo contrario se coloca el material después del tiempo de crema, ésta comienza a reaccionar en el recipiente de mezclado.



FOTOGRAFÍA 4.17. TIEMPO DE CREMA DE UNA MEZCLA

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Tiempo de vertido:

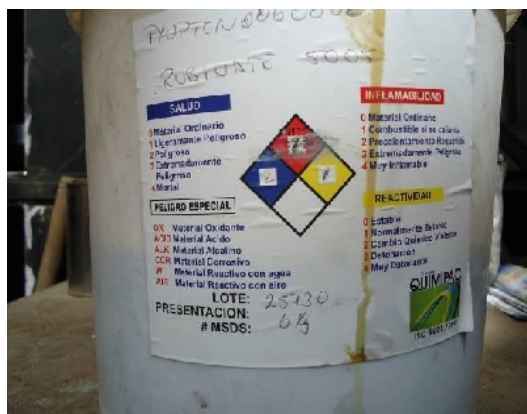
Después de la obtención del tiempo de crema, la mezcla debe colocarse inmediatamente sobre el primer panel, considerándose de este modo como “tiempo de vertido” desde el momento que se inicia la irrigación o vertido hasta que se coloca la segunda plancha de fibrocemento en el molde.

Tiempo de secado:

Es el tiempo total que se demora en secarse el panel, considerado desde el momento en que se coloca el segundo panel de fibrocemento en el molde hasta el momento en que se retira el panel de Fibropoliuretano ya conformado del molde.

4.2.3.1. Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano

Los componentes a utilizarse en esta mezcla son productos de la empresa Huntsman Polyurethanes: el Isocianato conocido como Rubinate 5005 que generalmente es de color marrón y el Polioli conocido como Rubitherm LP 18401 que generalmente es de color miel . Fotografía 4.18.



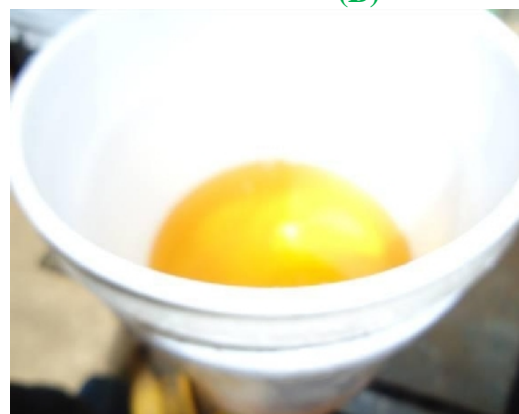
(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

FOTOGRAFÍA 4.18. COMPONENTES, MEDIDA Y MEZCLA DEL POLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

- (A) Caneca de Rubinate 5005
- (B) Caneca de Rubitherm LP 18401
- (C) Isocianato
- (D) Polioli
- (E) Medición del producto
- (F) Mezcla del producto

Se realizó una pre investigación para encontrar la proporción correcta de los componentes, en busca de la rigidez necesaria para la conformación del núcleo del panel, para lo cual se realizaron 8 pruebas combinando las dosificaciones de los dos componentes de las cuales se registraron 3 en las fichas de fabricación, la tabla 4.8 muestra el resumen de estas pruebas.

TABLA 4.8. RESUMEN DE ENSAYOS DE PROPORCIÓN DE COMPONENTES

	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2	CALIFICACIÓN
	ISOCIANATO	POLIOL	
PRUEBA 3	40%	60%	MUESTRA FRAGILIDAD, SE DISGREGA AL TACTO, SE DESECHA
PRUEBA 5	60%	40%	SE MANTIENE BLANDA, Y PRESENTA ELASTICIDAD, SE DESECHA
PRUEBA 8	50%	50%	LA MUESTRA ES SOLIDA Y MANTIENE LA RIGIDEZ NECESARIA, ESTA PROPORCIÓN SE ACEPTA

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.3.2. Tiempo y velocidad de mezclado de la espuma de poliuretano

Se requiere definir el tiempo y la velocidad óptimas de mezclado para lo cual se utiliza la proporción aceptada como correcta en la prueba anterior, en esta prueba se utiliza el taladro de dos velocidades adaptado el mezclador metálico, se variaron tanto la velocidad como el tiempo de mezcla, de la misma manera se realizaron 8 ensayos de los cuales se registran 5 en las fichas de fabricación la tabla 4.9 muestra el resumen de los ensayos realizados.



FOTOGRAFÍA 4.19. PRUEBAS DE VELOCIDAD Y TIEMPO DE MEZCLADO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

TABLA 4.9. RESUMEN DE ENSAYOS DE TIEMPO Y VELOCIDAD DE MEZCLADO

	VELOCIDAD 1	VELOCIDAD 2	CALIFICACION
	800 rpm.	1600rpm.	
PRIMERA PRUEBA		20 seg.	LA MEZCLA REACCIONA MUY RAPIDAMENTE EN EL RECIPIENTE, SE DESECHA
TERCERA PRUEBA		5 seg.	LA MEZCLA NO REACCIONA SE MANTIENE LIQUIDA, SE DESECHA
CUARTA PRUEBA	20 seg.		LA MEZCLA REACCIONA EN EL RECIPIENTE NO PERMITE EL REGADO SE DESECHA
SEXTA PRUEBA	10seg.		LA MEZCLA NO REACCIONA SE MANTIENE LIQUIDA, SE DESECHA
OCTAVA PRUEBA		10 seg.	LA MEZCLA TIENE CONSISTENCIA DE CREMA , PERMITE EL REGADO, ESTE TIEMPO Y VELOCIDAD SE ACEPTAN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.3.3. Densidad de la espuma de poliuretano

Se denomina como densidad de un cuerpo al grado de compactación del mismo, es decir es una medida que indica cuanto material se encuentra contenido en un volumen determinado. Siendo esta la cantidad de masa por unidad de volumen. En el caso del Poliuretano, la cantidad de masa que se encuentra comprimida formando la capa de material aislante para obtener el núcleo del panel tipo sándwich, se forma del peso total de los componentes mezclados, y esta densidad está relacionada con la reacción que forman estos dos componentes al mezclarse.

**FOTOGRAFÍA 4.20. DENSIDAD DE LA MEZCLA DE POLIURETANO**

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Anteriormente se indicó que la densidad del poliuretano varía entre 30 y 50 Kg/m³, en este punto se requiere encontrar la densidad correcta para la conformación del núcleo del panel sándwich teniendo en cuenta que en experimentos anteriores los moldes fueron afectados por las presiones momentáneas causando su deformación y daños irreparables, por tanto el encontrar la densidad adecuada es un punto importante antes de la fabricación del panel ya que se deben mantener controladas las presiones momentáneas generadas en la expansión de la espuma para evitar:

- Rotura de planchas de fibrocemento
- Daños o torceduras en el molde
- Desperdicio del material irrigado

Se realizaron 4 ensayos de los cuales se presentan los resultados en la tabla 4.10

TABLA 4.10. RESUMEN DE ENSAYOS DE DENSIDAD EN ESPUMA DE POLIURETANO

N° ENSAYO	DENSIDAD (Kg/m ³)	ESPESOR (mm)	OBSERVACIONES
1	30	22	Espesor menor al requerido, se controlan las presiones
2	34	24	Espesor menor al requerido, la presión no causa problemas
3	47	30	Espesor superior al requerido, se fractura el fibrocemento
4	40	28	Espesor ideal para el estudio, la presión se reparte uniformemente, esta densidad se acepta

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.3.4. Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano

Teniendo presente la rapidez de reacción de la mezcla de los componentes, se necesita encontrar el tiempo de irrigación de la espuma en el molde, tiempo en el cual la mezcla debe depositarse en toda el área de la muestra para evitar la presencia de vacíos o el sobrellenado en ciertos sectores lo cual causó el

desecho de varias muestras, por la presencia de sectores con mayor o menor densidad según el caso.



FOTOGRAFÍA 4.21. IRRIGACIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO EN EL PANEL

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

La tabla 4.11 muestra el resumen de los ensayos realizados para encontrar el tiempo de vertido correcto de la espuma de poliuretano

TABLA 4.11. RESUMEN DE ENSAYOS DE TIEMPO DE VERTIDO DE LA ESPUMA DE POLIURETANO

N° ENSAYO	TIEMPO DE VERTIDO (Seg)	OBSERVACIONES
1	6	El material se termina de colocar en estado de espuma , este tiempo de desecha
2	2	El material que se coloca se mantiene en estado líquido y tarda en reaccionar, este tiempo de desecha
3	4	El material se termina de colocar en estado de crema . Este tiempo es aceptado

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Este tiempo es referente a las muestras de laboratorio de 300x300mm, para el panel en medidas reales se obtuvo un tiempo en laboratorio de 60 segundos, se debe anotar que los tiempos tomados incluyen la colocación de la segunda plancha de fibrocemento

4.2.3.5. Forma de vertido de la espuma de poliuretano

Se necesita definir la forma de vertido óptima, ya que de esta depende la expansión de la espuma por toda el área de la primera plancha de fibrocemento, sin que se generen vacíos o sectores del panel sin la presencia de espuma, para este punto de investigación se realizaron 5 ensayos, estos se describen a continuación:

En el primer ensayo se vierte la mezcla siguiendo el sentido largo de la plancha, este resulta dificultoso y la mezcla reacciona en el recipiente, esta forma de vertido se desecha. Figura 4.2

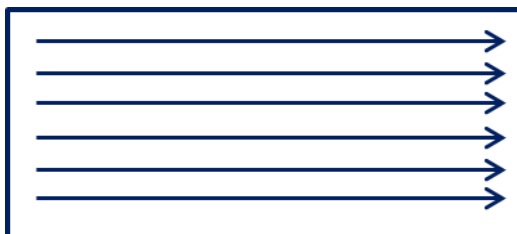


FIGURA 4.2. IRRIGACIÓN EN SENTIDO LARGO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

En el segundo ensayo se vierte la mezcla siguiendo el lado corto de la plancha se mantienen los inconvenientes y de la misma manera la mezcla reacciona en el recipiente, esta forma de vertido se desecha. Figura 4.3

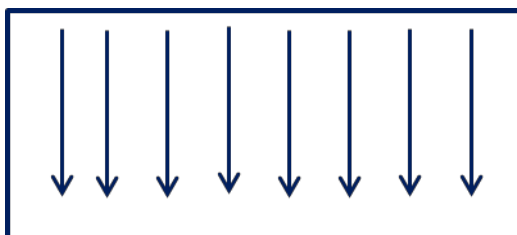


FIGURA 4.3. IRRIGACIÓN EN SENTIDO CORTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

En el tercer ensayo se vierte la mezcla en forma aleatoria en forma diagonal a la plancha, se logra depositar toda la espuma pero se observan vacíos en las esquinas, esta forma de vertido se desecha. Figura 4.4

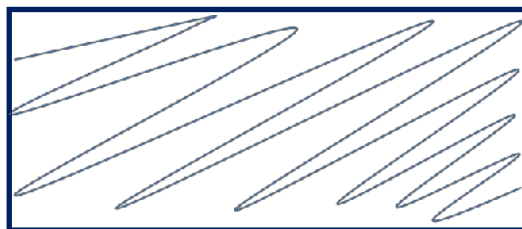


FIGURA 4.4. IRRIGACIÓN ALEATORIA DIAGONAL

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

En el cuarto ensayo se vierte la mezcla en forma zigzag siguiendo la parte larga de la plancha esta forma de vertido genera un mejor llenado pero todavía se observan vacíos, por tanto esta opción se desecha. Figura 4.5

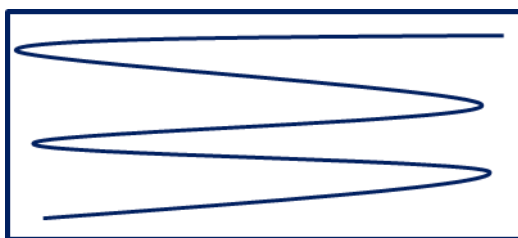


FIGURA 4.5. IRRIGACIÓN ZIGZAG LONGITUDINAL

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

En el quinto ensayo se realiza un trazado de “S”, este trazado permite un llenado uniforme y se eliminan los vacíos, esta forma de vertido genera resultados óptimos para la investigación, por tanto se acepta el trazado. Figura 4.6

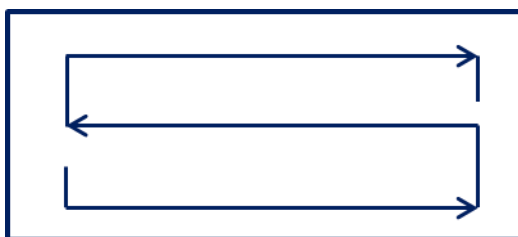


FIGURA 4.6. IRRIGACIÓN CON TRAZADO EN FORMA DE “S”

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Todos los ensayos anteriormente descritos y sus resultados se encuentran registrados en las fichas de fabricación anexos 4.1 al 4.28

4.2.4. FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO - MANUAL DE FABRICACIÓN

Para la fabricación de los paneles de Fibropoliuretano, se considera en la tabla 4.12 el manual de fabricación de los mismos, el cual forma parte del proceso general de fabricación.



FOTOGRAFÍA 4.22. ALMACENAMIENTO DEL MOLDE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

TABLA 4.12. MANUAL DE FABRICACIÓN DE “PANELES DE FIBROPOLIURETANO”

4.2.4	D. FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO
4.2.4.1	1. Manipulación de materia prima
4.2.4.2	2. Proceso de corte y modulación de paneles de fibrocemento
4.2.4.3	3. Colocación de desmoldante, de la 1era plancha y trazado para el vertido
4.2.4.4	4. Conformación del panel
4.2.4.5	5. Tiempo de secado del panel
4.2.3.6	6. Retiro del panel del molde
4.2.3.7	7. Verificación de la calidad del producto
4.2.3.8	8. Almacenamiento del panel

FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.4.1 Manipulación de materia prima

La manipulación tanto del Fibrocemento, Poliuretano y desmoldante debe realizarse usando los equipos de seguridad mencionados en la tabla 4.2

correspondientes a la fase de fabricación de los paneles. Parte de estos equipos pueden verse en la fotografía 4.23.



FOTOGRAFÍA 4.23. EQUIPOS DE SEGURIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE PANELES

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.4.2. Proceso de corte y modulación de paneles de Fibrocemento

Para el proceso de corte y modulación de los paneles, debe verificarse las medidas longitudinales y transversales de los mismos. Fotografía 4.24.



FOTOGRAFÍA 4.24. MEDICIÓN DE PANELES DE FIBROCEMENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Si fuera necesario para cumplir con las dimensiones del panel se lo debe cortar, para lo cual se utiliza la sierra circular de 7 1/2". Fotografía 4.25.



FOTOGRAFÍA 4.25. CORTE DE PANELES DE FIBROCEMENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.4.3. Colocación de desmoldante, de la 1era plancha y trazado para el vertido.

Luego de la revisión de los paneles, se extiende el desmoldante por medio de una brocha sobre toda la superficie perimetral del molde utilizado. Una vez terminado el proceso de aplicación del desmoldante, se ubica la primera plancha de fibrocemento sobre el molde, tal como se indica en la fotografía 4.26. Luego se procede al trazado sobre el cual se irrigará la mezcla de poliuretano



FOTOGRAFÍA 4.26. COLOCACIÓN DEL PRIMER PANEL DE FIBROCEMENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.4.4. Conformación del panel

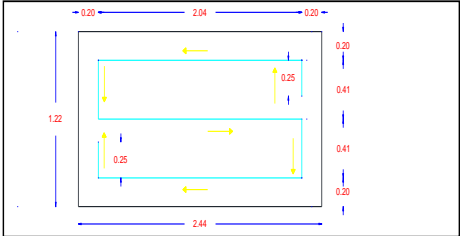
Las espumas rígidas de poliuretano se obtienen cuando dos productos el Isocianato y el Poliol se mezclan.

En la aplicación de la espuma rígida por proyección, la mezcla tiene lugar en una reducida cámara de la pistola proyectora. Y en el caso de llenado o vertido, la mezcla de los dos componentes se la realiza manualmente, como es el caso en estudio.

Una vez mezclados los componentes, el calor liberado produce la evaporación del agente de expansión, que es el causante de la transformación de la mezcla en espuma con un volumen aproximado de 25 veces el volumen de los componentes en estado líquido.

La densidad normal de la espuma está generalmente comprendida entre los 30 y 50 Kg/m³ y en virtud de la baja conductividad térmica del gas atrapado en las celdas de la espuma, esta proporciona aislamiento térmico.

TABLA 4.13. PARAMETROS PARA LA FABRICACIÓN DE “PANELES DE FIBROPOLIURETANO”

PARÁMETROS PARA LA FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO		FICHA DE FABRICACIÓN
1. Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano	50% del peso del componente 1 (Isocianato) 50% del peso del componente 2 (Poliol)	Anexo del 4.1 - 4.4
2. Tiempo y velocidad de mezclado correctos de la espuma de poliuretano	1600 rpm velocidad de mezclado 10 seg tiempo de mezclado	Anexo del 4.5 - 4.10
3. Densidad correcta de la espuma de poliuretano	40 Kg/m ³ (± 2 Kg/m ³), para obtener el espesor de ± 28 mm	Anexo del 4.11 - 4.14
4. Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano	4 seg en planchas pequeñas y 60 seg en planchas grandes	Anexo del 4.15 - 4.17
5. Forma de vertido correcto de la espuma de poliuretano		Anexo del 4.18 - 4.23

Basados en la pre-investigación para la mezcla de componentes de la espuma de Poliuretano, se toma en consideración la tabla 4.13 que es el proceso estándar a seguir para la obtención del núcleo del Panel de Fibropoliuretano.

Una vez colocada la espuma de poliuretano sobre la 1era plancha de fibrocemento que descansaba sobre el molde, se coloca la segunda plancha que se unirá con la mezcla para la obtención del panel tipo sándwich.

Para variar el espesor del panel deseado, se puede cambiar la dimensión de la capa de poliuretano ligante, en el presente proyecto se confeccionarán paneles de 44 mm de espesor total. Para controlar el espesor se debe disponer de pequeñas viguetas que serán ubicadas paralelas a la dimensión menor luego de colocar la segunda placa y con seguros para evitar la deformación de las mismas, y obtener paneles de espesor homogéneo.

4.2.4.5. Tiempo de secado del panel

El tiempo de secado del panel está afectado por la temperatura ambiental presente al momento de la fabricación, en días calurosos el tiempo de secado del panel está entre 0.5 a 1 hora, y en días lluviosos o nublados el secado del panel está entre 1 a 2 horas. Datos que se indican en las fichas de fabricación del panel.

4.2.4.6. Retiro del panel del molde

Terminado el secado del panel se retira del molde, se debe tener cuidado con las esquinas del material para que no se fracturen. La forma correcta de desmoldarlo es entre dos personas cada una de ellas tomando un lado del panel y alzándolo al mismo tiempo, para que el peso total del mismo se reparta en 4 puntos de lo contrario se pueden producir roturas. Fotografía 4.27.



FOTOGRAFÍA 4.27. ROTURA DE PANEL DE FIBROCEMENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.4.7. Verificación de la calidad del producto

Después del retiro del panel del molde se verifican sus características físicas

- Llenado total del panel por el Poliuretano
- Espesor promedio del panel
- Verificación de alguna fisura o fractura
- Plomo o nivel del panel. Fotografía 4.28.



FOTOGRAFÍA 4.28. VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.4.8. Almacenamiento del panel

Después de la verificación de las propiedades físicas del panel, se procede a almacenarlo para lo cual se debe utilizar los equipos de seguridad indicados en la tabla 4.2 correspondientes a este punto de fabricación.

Estos paneles deben ser almacenados en un lugar ventilado y fresco, preferentemente bajo techo y de igual forma que los paneles de fibrocemento no deben apoyarse directamente sobre el piso, se recomienda su descanso sobre tabloncillos de madera y no debe exceder su altura de 1m en cada grupo. En cada producto fabricado será anotado su lote de producción, con una numeración que indique a que ficha de fabricación corresponde el mismo.

4.2.5. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

TABLA 4.14. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS EN LA FABRICACIÓN DE “PANELES DE FIBROPOLIURETANO”

4.2.5.	D. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS
4.2.5.1.	1. Manipulación de residuos
4.2.5.2.	2. Disposición final de residuos

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

4.2.5.1. Manipulación de residuos

Para la manipulación de los residuos producto de la fabricación de los paneles de Fibropoliuretano, se recomienda el uso de los equipos de seguridad indicados en la tabla 4.2, correspondiente a este punto de fabricación. Se indica que estos desperdicios son de tipo de construcción y no representan un peligro para el personal que lo maneja.

4.2.5.2. Disposición final de residuos

La producción de estos paneles se llevará a cabo en el Distrito Metropolitano de Quito, razón por la cual la Secretaria de Ambiental es la entidad encargada de la educación ambiental que aporta al conocimiento, valoración, manejo y conservación de la biodiversidad y los recursos naturales del Distrito Metropolitano de Quito y es quién rige a la Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito, EMASEO en lo referente a la disposición de todo tipo de desechos.

Los desechos se dividen de acuerdo a su naturaleza y peligrosidad que representan, pudiendo ser estos de diferente índole, del tipo que sean, depende el lugar de su disposición final. La Secretaria Ambiental indica también que ciertos desperdicios pueden ser entregados a los Gestores de Residuos calificados, que son quienes reciclan y procesan ciertos productos y los reciclan. De acuerdo a lo establecido por la Ordenanza Metropolitana Ambiental 213, en su Art. II.381.9, son Gestores de Residuos todos las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas que intervienen en la gestión de los residuos que se generan en el Distrito Metropolitano de Quito, cuya calificación es obligatoria³⁴

El Fibrocemento y el Poliuretano son considerados residuos de tipo de construcción no peligrosos, en el caso del fibrocemento Eternit Ecuatoriana S.A. recibe estos desperdicios para la molienda de los mismos y su incorporación en la mezcla de nuevas planchas, en el caso del Poliuretano no se puede recuperar este material y solo se lo considera de desperdicio.

Por lo tanto los mismos no pueden ser entregados a Gestores Ambientales Tecnificados y su único lugar de disposición final son las escombreras municipales.

³⁴ Secretaria de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, www.quitoambiente.gob.ec

CAPÍTULO V

5. NORMAS DE REFERENCIA

5.1. INSTITUCIONES NORMATIVAS

En nuestro país la entidad encargada de normar los productos o materiales es el INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, que es el organismo oficial de la República del Ecuador para la normalización, certificación y *metrología* que es la ciencia o ingeniería de la medida que incluye el estudio, mantenimiento y aplicación del sistema de pesas y medidas.

“Es una entidad adscrita al Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad, MICIP, y fue creada en 1970-08-28 mediante Decreto Supremo No.357 publicado en el Registro Oficial No.54 de 1970-09-07”³⁵.

El INEN mantiene cooperación técnica entre las diferentes entidades y asociaciones normativas que existen en el mundo, como es el caso de:

- ASTM, American Society for Testing and Materials.
- ISO, International Organization for Standardization.
- ACI, American Concrete Institute.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Entre otras.

Las normas técnicas (NTE) de un material son documentos en los cuales se describe detalladamente procedimientos, normalización de ensayos y especificaciones dónde y cómo realizarse los mismos.

³⁵ Página oficial del INEN: www.inen.gob.ec.

El panel propuesto en la presente investigación, llamado Panel de Fibropoliuretano, debe someterse al igual que todos los materiales usados en la construcción, a normas técnicas, según la caracterización indicada de “panel”

Las diferentes normas, de estos organismos e institutos normativos son utilizadas en investigaciones, proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación, aceptación de productos en todo el mundo.

5.1.1. INSTITUCIÓN NORMATIVA NACIONAL

El INEN, es la entidad encargada del desarrollo de normas técnicas, su labor es aportar al conocimiento y aplicación de tecnologías nuevas que se plasman en normas, reglamentos técnicos, códigos, guías de práctica y procedimientos metrológicos, que establecen criterios de calidad y confiabilidad.

El INEN cuenta con 2.000 normas entre reglamentarias y voluntarias, existen normas para ropa, alimentos, electrodomésticos, materiales de construcción, vehículos, combustibles, seguridad, entre otros. De estas las analizadas para el presente estudio son:

- 5 normas para Fibrocemento

NTE INEN 2 079: 1996, 1era edición	Láminas planas de Fibro-Cemento. Determinación de las dimensiones
NTE INEN 2 080: 1996, 1era edición	Láminas planas de Fibro-Cemento. Determinación del módulo de rotura
NTE INEN 2 081:1996, 1era edición	Láminas planas de Fibro-cemento. Ensayo de Impermeabilidad
NTE INEN 2 082:1996, 1era edición	Láminas planas de Fibro-cemento. Determinación de la densidad

NTE INEN 2 084:1996, 1era edición

Láminas planas de Fibro-cemento.

Requisitos

El INEN no posee normas para materiales de tipo compuesto o para los llamados Paneles tipo sándwich.

5.1.2. INSTITUCIONES NORMATIVAS INTERNACIONALES

Para el presente estudio se investigaron las normas vigentes en los países vecinos como: Colombia, Perú, Venezuela, sin encontrar alguna que se acople a la naturaleza del proyecto, las pocas referencias encontradas están ligadas a las normas ASTM, por tanto estas se tomarán como referencia en el presente estudio.

Normas ASTM

“Desde su fundación en 1898, ASTM International es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. Conocida como la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (*ASTM American Society for Testing and Materials*), [...] es un líder reconocido a nivel mundial en el desarrollo y entrega de normas internacionales de consenso voluntario”³⁶.

El proceso público con el que se crean las normas ASTM es uno de los motivos por los cuales, tantas y tan variadas industrias han realizado su trabajo de desarrollo normativo dentro de ASTM. El elevado nivel técnico del recurso humano que formulan la bases de la normas ASTM, ocasiona, que cerca del 50 por ciento de las mismas se distribuyan fuera de los Estados Unidos.

En ASTM se reúnen productores, usuarios y consumidores, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias. El proceso de creación de normas de

³⁶ ASOCIACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD, *Normas ASTM*, <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-astm>

ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto individuos como gobiernos participen directamente como iguales. El programa de Memorandos de entendimiento (MOU) de ASTM International, promueve la comunicación entre ASTM International y los entes normativos nacionales en todo el mundo.

Al momento, más de 30,000 miembros de ASTM de 140 países, contribuyen con sus conocimientos técnicos especializados a la creación de más de 12,000 normas internacionales ASTM. Estas normas son utilizadas y aceptadas en todo el mundo para mejorar la calidad del producto, aumentar la seguridad, facilitar el acceso a los mercados y el comercio, y fomentar la confianza de los consumidores; estas abarcan áreas tales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, el medio ambiente, productos para consumidores, servicios médicos y productos electrónicos.

Las 12.000 normas ASTM se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

- A. METALES FERROSOS
- B. METALES NO FERROSOS
- C. MATERIALES CEMENTICIOS, CERÁMICOS, DE CONCRETO Y MAMPOSTERÍA
- D. MATERIALES MISCELÁNEOS
- E. TEMAS MISCELÁNEOS
- F. MATERIALES PARA APLICACIONES ESPECÍFICAS
- G. CORROSIÓN, DETERIORO Y DEGRADACIÓN DE MATERIALES

Estas normas son desarrolladas en 141 comités distribuidos de la siguiente manera:

- A01 Acero, acero inoxidable y aleaciones relacionadas
- A04 Fundición de hierro
- A05 Productos de hierro y acero (con revestimiento metálico)
- A06 Propiedades magnéticas
- B01 Conductores eléctricos
- B02 Metales no ferrosos y aleaciones

- B05 Aleaciones de cobre y cobre ()
- E13 Espectroscopia Molecular y Separación Ciencia
- E15 Productos Químicos Industriales y especializada
- E17 Sistemas de pavimento (vehículo)
- E18 Evaluación Sensorial
- E20 Medición de la temperatura
- E21 Espacio de Simulación y Aplicaciones de la Tecnología Espacial
- E27 Peligro Potencial de Productos Químicos
- E28 Ensayos Mecánicos
- E29 Caracterización de las partículas y aerosol
- E30 Ciencias Forenses
- E31 Informática médica
- E33 Acústica (Construcción y Medio Ambiente)
- E34 Salud y Seguridad Ocupacional
- E35 Pesticidas y agentes alternativos de control
- E36 Acreditación y Certificación
- E37 Mediciones Térmicas
- E41 Aparatos de laboratorio
- E42 Análisis de superficie
- E43 SI Práctica
- E44 Fuentes de energía alternativa (solar, geotérmica y otras)
- E47 Efectos biológicos y destino ambiental
- E48 Biotecnología
- E50 Evaluación Ambiental, Gestión de Riesgos y Acciones Correctivas
- E52 Psicofisiología Forense
- E53 Sistemas de Gestión de la Propiedad
- E54 Aplicaciones de seguridad nacional
- E55 Productos farmacéuticos (Fabricación)
- E56 La nanotecnología
- E57 Sistemas de procesamiento de imágenes 3D
- E58 Ingeniería Forense
- E60 Sostenibilidad
- F01 Electrónica

- F02 Embalajes (Barrera flexible)
- F03 Juntas
- F04 Materiales Quirúrgicos y Aparatos Médicos
- F05 Productos de procesamiento de imágenes comerciales
- F06 Revestimientos de suelo (resistente)
- F07 Aeroespacial y Aeronáutica
- F08 Equipos e Instalaciones de Deportes
- F09 Los neumáticos
- F10 Carne, aves de corral y los sistemas de evaluación (Ganadería)
- F11 Aspiradoras
- F12 Seguridad de Sistemas y Equipos
- F13 Peatones / Pasarela de seguridad y calzado
- F14 Vallas
- F15 Productos de consumo
- F16 Sujetadores
- F17 Sistemas de tuberías (plástico)
- F18 Equipo eléctrico de protección para los trabajadores
- F20 Respuesta a derrames de petróleo (Sustancias Peligrosas)
- F23 Ropa Personal y equipo de protección
- F24 Juegos Mecánicos y Dispositivos
- F25 Buques y tecnología marina
- F26 Equipos de servicio de alimentos
- F27 Nieve Esquí
- F29 Equipos de anestesia y respiratorio
- F30 Servicios Médicos de Emergencia
- F32 Búsqueda y Rescate
- F33 Detención y Centros Penitenciarios
- F34 Rodamientos Elementos
- F36 Utilidades Subterráneas (Tecnología)
- F37 Aviones deportivos ligeros
- F38 Sistemas de aviones sin tripulación
- F39 Normal y utilidad de los Sistemas de Cableado Eléctrico categoría de avión
- F40 Sustancias declarables en materiales

- F41 Sistema de vehículos marítimos no tripulados (UMVS)
- F42 Tecnologías de Fabricación (Aditivo)
- F43 Servicios y productos lingüísticos
- G01 Corrosión de Metales
- G02 El desgaste y la erosión
- G03 El desgaste y durabilidad
- G04 Atmósferas (Compatibilidad y sensibilidad de los materiales en oxígeno enriquecido)

Para la presente investigación se toman como referencia las normas ASTM del Comité D30 sobre materiales compuestos. Está integrado por un grupo interesado en el avance de la tecnología de materiales compuestos. El comité D30 tiene 6 subcomités técnicos que mantienen la jurisdicción sobre 60 normas de la Comisión, que se publican en el Libro Anual de Normas ASTM, volumen 15.03. Si bien el comité D30 se basa en la industria aeroespacial, también ha trabajado para apoyar las necesidades de productos de automoción, industriales, recreativos y médicos.

Este Comité desarrolla métodos de prueba estándar, las prácticas, la terminología y guías, patrocina simposios; estimula la investigación y el intercambio de información técnica sobre los materiales compuestos.

El comité D30 maneja las siguientes normas, por tipo de producto:

- | | |
|--|------------------|
| - Compuestos para Estructuras Civiles | 8 normas |
| - Constituyentes / Precursor Propiedades | 8 normas |
| - Editorial Normas y Recursos | 6 normas |
| - Propiedades interlaminares | 5 normas |
| - Lamina y laminados Métodos de prueba | 20 normas |
| - Construcciones Sándwich | 21 normas |
| - Métodos de ensayo Estructurales | 11 normas |

El subcomité D30.09 tiene bajo su jurisdicción 21 normas que analizan las construcciones sándwich, las cuales son de interés para la presente investigación. Estas normas de ASTM juegan un papel decisivo en la evaluación y determinación de las propiedades físicas de corte, tracción, flexión, compresión, y las diversas formas en que los materiales compuestos de tipo sándwich son utilizados en aplicaciones particulares y estructurales

“Estos compuestos pueden estar en forma de materiales sándwich, materiales alveolares básicos (plástico de burbuja), materiales compuestos de matriz de polímero y sus laminados, reforzados con fibra de polímero, placas compuestas, reforzadas con fibra de compuestos de matriz metálica, carbono epoxi fibra pre-impregnados, carbono filamento continuo y arrastres de fibra de grafito, aros o cilindros compuestos de matriz de polímero, vigas planas sándwich, paneles compuestos, placas sándwich simplemente apoyadas de composición y reforzadas con tejido de materiales compuestos textiles”³⁷.

TABLA 5.1. NORMAS ASTM DEL SUB COMITÉ D30.09

N°	NORMA ASTM	TITULO - OBJETIVO	NATURALEZA
1	C271/C271M-11	Determinar la densidad de los materiales base del emparedado	APLICA. Panel Sandwich
2	C272/C272M-12	Absorción de agua de los materiales básicos para const de sándwich	APLICA. Panel Sandwich
3	C273/C273M-11	Propiedades de corte de los materiales básicos Sandwich	APLICA. Panel Sandwich
4	C274 - 07	Terminología de las construcciones de sándwich estructurales	No aplica, estructural
5	C297/C297M-04(2010)	Resistencia a la tracción Flatwise de Construcciones Sandwich	APLICA. Panel Sandwich
6	C363/C363M-09	Resistencia a la tracción Nudo de Materiales de base de panel	No aplica, panel tipo panel
7	C364/C364M-07	Resistencia a la compresión de Construcciones Edgewise Sandwich	Ligada a norma C365
8	C365/C365M-11a	Propiedades de compresión de núcleos de Sandwich	APLICA. Panel Sandwich
9	C366/C366M-11	Medición del espesor de núcleos Sandwich	No aplica, panel tipo panel
10	C393/C393M-11	Propiedades de corte de Const de sándwich de Manga de flexión	Ligada a norma D7250
11	C394 - 00(2008)	Fatiga de corte de los materiales básicos Sandwich	No aplica, solo carga estatica
12	C480/C480M-08	Fluencia de flexión de las construcciones de sándwich	Ligada a norma D7250
13	C481 - 99 (2001)	Envejecimiento Laboratorio de Construcciones Sandwich	APLICA. Panel Sandwich
14	D6416 /D6416M- 01(2007)	Flexión placas intermedias simplemente apoyados y carga distribuida	Ligada a norma D7250
15	D6772 - 02(2007)	Estabilidad dimensional de los materiales base del emparedado	No aplica, panel tipo panel
16	D6790 - 02(2007)	Determinar el coeficiente de Poisson de núcleos de panel	No aplica, panel tipo panel
17	D7249/D7249M - 06	Propiedades de Const de sándwich por la flexión Manga Larga	Ligada a norma D7250
18	D7250/D7250M - 06 (2012)	Determinar la rigidez a la flexión y Sandwich del haz de corte	APLICA. Panel Sandwich
19	D7766/D7766M - 11	Propiedades estáticas de absorción de energía de nido de abeja	No aplica, panel tipo panel
20	D7336/D7336M - 08	Resistencia al daño de las construcciones de sándwich	No aplica, estructural
21	F1645/F1645M-07	Migraciones de agua en los materiales base de panel	Ligada a norma C271

FUENTE: NORMAS ASTM, COMITÉ TÉCNICO D.30.09, www.astm.org

³⁷ ASTM International, <http://www.astm.org/>

De estas 21 normas se ha seleccionado 7 las cuales serán usadas como referencia para el presente estudio, Tabla 5.1. Todas estas se hallan en el Volumen ASTM 15.03 Simulación Espacial; aeroespacial y aeronáutica, materiales compuestos

- **C271 / C271M - 11**

Método de prueba estándar para determinar la densidad de los materiales base de sándwich.

- **C272 – 01 (2012)**

Método de prueba estándar para la absorción de agua de los materiales básicos para construcciones sándwich

- **C273 / C273M - 11**

Método de prueba estándar para las propiedades de corte de los materiales básicos Sándwich.

- **C 297 / C297M - 04 (2010)**

Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción Flatwise³⁸ de Construcciones Sándwich.

- **C365 / C365M - 11a**

Método de prueba estándar para propiedades de compresión Flatwise de núcleos Sándwich

- **C481 - 99 (2011)**

Método de prueba estándar para el Envejecimiento en Laboratorio de Construcciones Sándwich

- **D7250 / D7250M - 06 (2012)**

Práctica estándar para la determinación del haz a flexión y rigidez a cortante del Sándwich.

³⁸ Con la cara plana o amplia hacia abajo o en contacto con otra superficie.

Adicional a estas se añade la norma técnica ASTM C551 del Volumen 04.05 referentes a sustancias químicas, materiales no metálicos, tuberías de arcilla vitrificada, tuberías de hormigón, materiales reforzados con fibras, productos de cemento, morteros y de hormigón prefabricado.

- **C551-07**

Especificación estándar para paneles aislantes de fibras y asbesto-cemento.

5.2. ANÁLISIS DE NORMAS

Para el presente estudio se empleará 8 normas ASTM que hacen referencia al panel en desarrollo.

5.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

TABLA 5.2. PROPIEDADES FÍSICAS, PANELES DE FIBROPOLIURETANO.

TIPO DE PRUEBA	NORMA	N° DE NORMA	NOMBRE	UBICACIÓN - LIBRO	OBJETIVO
PROPIEDADES FÍSICAS Dimensiones	ASTM	C551-07	Especificación estándar para la Fibra de asbesto-cemento en paneles aislantes	ASTM Volumen 04.05 resistentes a sustancias químicas materiales no metálicos, tuberías de arcilla vitrificada, de tuberías de hormigón, reforzado con fibra de cemento Productos, morteros y lechadas, la Masonería, de hormigón prefabricado	Verifica las variaciones permisibles en dimensiones, que son medidas rutinarias con el propósito de determinar si la longitud, ancho, espesor y escuadratura de las unidades individuales son como fueron concebidas, asegurando así las propiedades para la dimensión y la uniformidad del espesor especificado
COMITE 30-09					
PROPIEDADES FÍSICAS Densidad	ASTM	C271/C271M-11	Método de prueba estándar para determinar la densidad de los materiales base del sandwich.	Volumen ASTM 15.03 Simulación Espacial; aeroespacial y aeronáutica, materiales compuestos	La densidad es una propiedad física fundamental que puede ser utilizada en unión con otras propiedades para caracterizar el núcleo sándwich, la resistencia y rigidez son proporcionales a la densidad. Determina la densidad del núcleo de los materiales tipo sándwich
PROPIEDADES FÍSICAS Absorción	ASTM	C272-01 (2012)	Método de prueba estándar para la absorción de agua de los materiales básicos para construcciones de Sándwich	Volumen ASTM 15.03 Simulación Espacial; aeroespacial y aeronáutica, materiales compuestos	Determinar la cantidad relativa de absorción de agua en el núcleo de una construcción sándwich, cuando es sumergido en agua o sometido a un ambiente de alta humedad relativa.
PROPIEDADES FÍSICAS Envejecimiento	ASTM	C481-99 (2011)	Método de prueba estándar para el Envejecimiento en Laboratorio de Construcciones Sándwich	Volumen ASTM 15.03 Simulación Espacial; aeroespacial y aeronáutica, materiales compuestos	La mayoría de los paneles sándwich son sometidos a diversas temperaturas y ambientes de humedad. Esta prueba de laboratorio determina el envejecimiento y la degradación del panel y de las propiedades seleccionando condiciones simuladas

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Las características de la materia que sirven para definirla y diferenciarla, se denominan propiedades, entre estas se pueden distinguir las propiedades físicas que constituyen aquellas propiedades de los cuerpos que pueden medirse o apreciarse sin producir ninguna alteración en la constitución de la materia.

En los paneles de Fibropoliuretano se estudiarán las propiedades Físicas que se indica en la tabla 5.2.

5.2.1.1. Dimensiones

Para este estudio se analizará la norma ASTM:

[ASTM C551-07 Standard Specification for Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels](#)
ASTM C551-07 Especificación estándar para paneles aislantes de Fibra y asbesto-cemento.

El registro de esta norma se encuentra en el anexo 5.7. Sin embargo, ésta no generó datos para la presente investigación,

5.2.1.2. Densidad.

Es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, es una propiedad física fundamental que puede ser utilizada en unión con otras propiedades para caracterizar a los elementos. La mayoría de las propiedades básicas sándwich, como resistencia y rigidez, son proporcionales a la densidad.

Para este estudio se analizará la norma ASTM:

[ASTM C271/C271M-11 Standard Test Method for Density of Sandwich Core Materials](#)
ASTM C271/C271M-11 Método de prueba estándar para determinar la densidad del núcleo, en materiales sándwich.

La verificación de esta norma se encuentra en el anexo 5.1.

5.2.1.3. Absorción

Se define como absorción a la retención de uno o varios componentes de una mezcla, líquida o gaseosa, sobre otra sustancia, sólida o líquida.

Este método de ensayo determina la cantidad relativa de absorción de agua en el núcleo de una construcción sándwich, cuando es sumergido en agua o sometido a un ambiente de alta humedad relativa.

La absorción de agua afecta las propiedades características del núcleo del sándwich, tales como las propiedades eléctricas: constante dieléctrica, tangente de pérdida, la resistencia eléctrica, y las propiedades mecánicas: resistencia y módulo. La cantidad de agua absorbida también puede afectar al comportamiento de las estructuras sándwich. Cabe señalar que en un panel que tiene las caras unidas a ambos lados del núcleo, las mismas afectan la cantidad de agua absorbida por este.

Para este estudio se analizará la norma ASTM:

[ASTM C272-01\(2012\) Standard Test Method for Water Absorption of Core Materials for Structural Sandwich Constructions](#)

ASTM C272-01 (2012) Método de prueba estándar para la absorción de agua de los materiales básicos para construcciones de Sándwich

La verificación de esta norma se encuentra en el anexo 5.2.

5.2.1.4. Envejecimiento

La degradación de los materiales es uno de los temas de mayor impacto en la presente investigación y será aplicada debido a su composición mixta. Para analizar el envejecimiento, los paneles sándwich serán sometidos a diversas temperaturas y ambientes de humedad.

En efecto, la degradación se traduce en cambios volumétricos y en una pérdida de las propiedades mecánicas del material. Por lo tanto, aspectos tan cruciales

como la vida útil de los materiales y su resistencia a los factores ambientales, determinan el futuro tecnológico del material.

Esta prueba de laboratorio determina el envejecimiento o la degradación ambiental del panel en propiedades seleccionadas y en condiciones simuladas, así como para el control de calidad, la especificación de las pruebas de aceptación, la investigación y el desarrollo del mismo.

Sin embargo, los procedimientos de laboratorio para el envejecimiento no tienen ninguna correlación con las condiciones naturales de la intemperie.

Para este estudio se analizara la norma ASTM:

[ASTM C481-99\(2011\) Standard Test Method for Laboratory Aging of Sandwich Constructions](#)

ASTM C481-99 (2011) Método de prueba estándar para el Envejecimiento en Laboratorio de Construcciones Sándwich

La verificación de esta norma se encuentra en el anexo 5.3.

5.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

Se denominan propiedades mecánicas a la resistencia que ofrecen los materiales al ser sometidos a determinados esfuerzos exteriores o a la aplicación de fuerzas. Este comportamiento depende de la naturaleza y composición del material, tanto como del mecanismo que opera en su deformación bajo cargas aplicadas.

En los paneles de Fibropoliuretano se estudiarán las propiedades Mecánicas que se indican en la tabla 5.3. Los ensayos a usarse son de propiedades mecánicas en carga estática.

TABLA 5.3. PROPIEDADES MECÁNICAS, PANELES DE FIBROPOLIURETANO.

TIPO DE PRUEBA	NORMA	N° DE NORMA	NOMBRE	UBICACIÓN - LIBRO	OBJETIVO
COMITE 30-09					
PROPIEDADES MECÁNICAS Carga Estática TRACCIÓN	ASTM	C297/C297M-04 (2010)	Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción Flatwise de Construcciones Sándwich	Volumen ASTM 15.03 Simulación Espacial; aeroespacial y aeronáutica, materiales compuestos	Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción flatwise (con la cara plana o amplia hacia abajo o en contacto con otra superficie) del núcleo, el núcleo-a-cara enlace, o la cara de un panel sándwich montado.
PROPIEDADES MECÁNICAS Carga Estática COMPRESIÓN	ASTM	C365/C365M-11a	Método de prueba estándar para propiedades principales de compresión de Flatwise de núcleos sandwich	Volumen ASTM 15.03 Simulación Espacial; aeroespacial y aeronáutica, materiales compuestos	Este método consiste en someter al núcleo sándwich a una fuerza de compresión uniaxial normal al plano tal como el núcleo podía ser ubicado en la construcción estructural. La fuerza es transmitida al núcleo usando platinas de carga adheridas a la máquina de prueba.
PROPIEDADES MECÁNICAS Carga Estática CORTE	ASTM	C273/C273M-07a	Método de Prueba Estándar para las propiedades de corte de los materiales básicos Sándwich	Volumen ASTM 15.03 Simulación Espacial; aeroespacial y aeronáutica, materiales compuestos	Las propiedades de cizallamiento centrales son fundamentales para el diseño de paneles sándwich. Este ensayo aporta la información sobre el comportamiento de esfuerzo-deformación de construcciones de sándwich o núcleos cuando se cargan en paralelo al plano de corte de las caras
PROPIEDADES MECÁNICAS Carga Estática FLEXIÓN-CORTE	ASTM	D7250/D7250M-06	Práctica estándar para la determinación de la resistencia a flexión y rigidez a cortante del panel Sándwich.	Volumen ASTM 15.03 Simulación Espacial; aeroespacial y aeronáutica, materiales compuestos	Los ensayos de flexión en construcciones planas sandwich pueden llevarse a cabo para determinar el modulo de rigidez a flexión y rigidez transversal al corte del sandwich a través del espesor (de tal manera que los momentos aplicados producen curvatura del sandwich frente a un plano), la resistencia al cizallamiento (corte), flexión y el modulo de cizallamiento del núcleo y la resistencia a la compresión y a la tracción de las caras del panel. La fuerza de cizallamiento puede usarse también para
NORMAS GENERALES					
PROPIEDADES MECÁNICAS. Carga Estática. FLEXIÓN	ASTM	C551-07	Especificación estándar para la Fibra de asbesto-cemento en paneles aislantes	ASTM Volumen 04.05 resistentes a sustancias químicas materiales no metálicos, tuberías de arcilla vitrificada, de tuberías de hormigón, reforzado con fibra de cemento Productos, morteros y lechadas, la Masonería, de hormigón prefabricado	El propósito de esta especificación, es encontrar el promedio de carga de rompimiento, en No (lb-f) de especímenes probados y secados bajo la especificación, cargados como simples vigas con la carga aplicada igual y simultáneamente en los tercios medios de la longitud

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

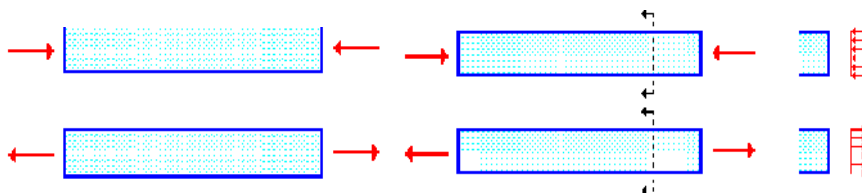
5.2.2.1. Tracción

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de forma creciente hasta producir la rotura de la probeta.

Para que un elemento sea considerado como cargado axialmente, es condición necesaria que la línea de acción de la fuerza que actúa sobre la sección transversal del miembro en estudio, coincida con el eje axial que pasa a través del centro de gravedad del elemento.

Si este es el caso, el elemento se considera en estado de esfuerzo uniaxial. Para elementos cargados axialmente, la distribución de la deformación comúnmente se toma como uniforme, además se sabe que el esfuerzo es proporcional a la deformación. Tal como se muestra en la figura 5.1.

FIGURA 5.1.ESFUERZOS AXIALES.



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Para este estudio se analizará la norma ASTM:

[ASTM C297/C297M-04\(2010\) Standard Test Method for Flatwise Tensile Strength of Sandwich Constructions](#)

ASTM C297/C297M-04 (2010) Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción Flatwise de Construcciones Sándwich

La verificación de esta norma se encuentra en el anexo 5.4.

5.2.2.2. Compresión

La compresión es una acción mecánica que consiste en la aplicación de una carga mono axial a una velocidad determinada e invariable, hasta generar la falla del material entendiéndose como falla, a la rotura del material o un exceso de deformación por dicha carga. En materiales homogéneos e isotrópicos solicitados a compresión en el caso de su rotura, se esperaría superficies de cortadura que forman aproximadamente ángulos de 45° con la dirección de la compresión.

Este método consiste en someter al núcleo sándwich a una fuerza de compresión uniaxial normal al plano tal como se menciona en la norma anteriormente expuesta. La fuerza es transmitida al núcleo usando platinas de carga adheridas a la máquina de prueba, si es el caso.

Para este estudio se analizará la norma ASTM:

[ASTM C365/C365M-11a Standard Test Method for Flatwise Compressive Properties of Sandwich Cores](#)

ASTM C365/C365M-11a Método de Prueba Estándar Flatwise para propiedades de compresión de núcleos Sándwich

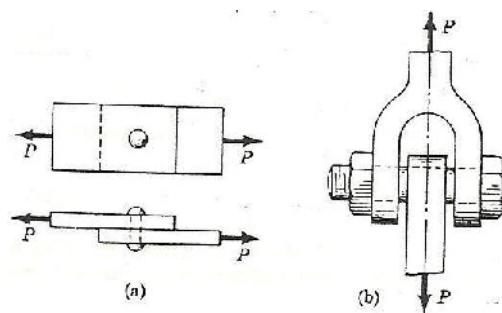
5.2.2.3. Corte

“El esfuerzo de corte o de cizallamiento a diferencia del axial, es producido por fuerzas que actúan paralelamente al plano que las resiste, mientras que los de tensión o de compresión lo son por fuerzas normales al plano sobre el que actúan, es por esta razón que los esfuerzos de tensión y compresión se llaman también esfuerzos normales, mientras que el esfuerzo cortante puede denominarse esfuerzo tangencial”³⁹.

El esfuerzo de corte no puede ser obtenido prácticamente como un esfuerzo puro o simple, pues va generalmente acompañado por otro de flexión, cuyo valor variará según el procedimiento a seguir. Sin embargo, prácticamente se calcula el esfuerzo de corte como si se tratara de un esfuerzo simple, debido a que éste predomina y toma valores de tal magnitud que permiten despreciar los efectos secundarios.

El corte puede ser simple o doble, la diferencia entre estos dos es el área resistente en la probeta. Por medio de una acción torsionante o una carga flexionante también pueden conseguirse estados de corte. En la figura 5.2, se observa: (a) remache resistente al corte a través de su sección central llamado cortante simple, (b) pasador que resiste a través de dos secciones llamado cortante doble

³⁹ SINGER, Ferdinand y PYTEL Andrew, *Resistencia de materiales*, 3era edición, Editorial Harla, México, 1999, Pág. 13

FIGURA 5.2. EJEMPLOS DE SECCIONES SOMETIDAS A CORTANTE.⁴⁰

FUENTE: SINGER, Ferdinand y PYTEL Andrew, *Resistencia de materiales*. Pág 13

Este ensayo puede realizarse con el núcleo unido directamente a las placas de carga o con las placas de carga adheridas a los forros del núcleo, en este caso, se toma el segundo.

Para este estudio se analizará la norma ASTM:

[ASTM C273/C273M-11 Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C273/C273M-11 Método de Prueba Estándar para las propiedades de corte de los materiales básicos Sándwich

La verificación de esta norma se encuentra en el anexo 5.5.

5.2.2.4. Flexión

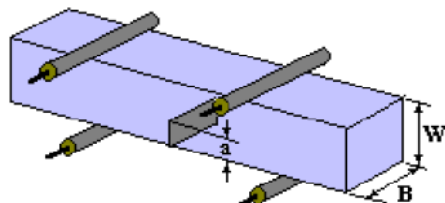
Cuando se somete a un material a una fuerza de flexión, actúan simultáneamente fuerza de tensión y de compresión, uno de los lados se tensiona y el otro se comprime. Las muestras ensayadas a flexión deben absorber esfuerzos de compresión en la parte superior y de tracción en la inferior.

La flexión es el tipo de deformación que presenta un elemento alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal, un caso típico son las vigas, las placas o laminas que están diseñadas principalmente para trabajar por flexión. El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector.

⁴⁰ Idem, Pág. 13

El espécimen para este ensayo puede estar sometido a diferentes condiciones de carga (tal como lo indica la norma ASTM D7250), sin embargo para el presente estudio, sólo tendrá carga en los tercios medios, tal como se ve en la figura 5.3

FIGURA 5.3.CONDICIÓN DE CARGA PARA FLEXIÓN A LOS TERCIOS MEDIOS



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Para este estudio se analizará la norma ASTM:

[ASTM D7250/D7250M-06 \(2012\) Standard Practice for Determining Sandwich Beam Flexural and Shear Stiffness](#)

ASTM D7250/D7250M-06 (2012) Práctica estándar para la determinación del haz a flexión y rigidez a cortante del Sándwich.

La verificación de esta norma se encuentra en el anexo 5.6.

Adicional a esta norma, la resistencia a flexión puede también ser verificada por medio del promedio de carga de rompimiento, en newtones ó (libras-fuerza) de especímenes probados y secados bajo la especificación de la norma ASTM C551, cargados estos como vigas simples con la carga aplicada igual y simultáneamente en tercios medios de la longitud.

Para este estudio se analizará la norma ASTM:

[ASTM C551-07 Standard Specification for Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels](#)

ASTM C551-07 Especificación estándar para la Fibra de asbesto-cemento en paneles aislantes.

La verificación de esta norma se encuentra en el anexo 5.7.

Se analizarán todas estas normas, con el fin de comprender cómo responde el material en estudio, a las fuerzas externas como corte, compresión, tracción, flexión, etc. y verificar su homogeneidad por medio de los resultados obtenidos.

5.3. DISTRIBUCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL PANEL

En puntos anteriores del presente capítulo se ha indicado el número de paneles fabricados para el análisis de este estudio, de igual forma se ha seleccionado y analizado las normas a ser aplicadas, detallando en las mismas, las dimensiones de los especímenes para cada una.

En este punto se muestra la metodología que se ha seguido para el corte y ubicación de los especímenes en cada panel, buscando obtener muestras significativas de todos los sectores que lo conforman, para comprobar la homogeneidad en cada panel y entre los diferentes paneles con los resultados obtenidos en los ensayos a realizarse.

OBJETIVO:

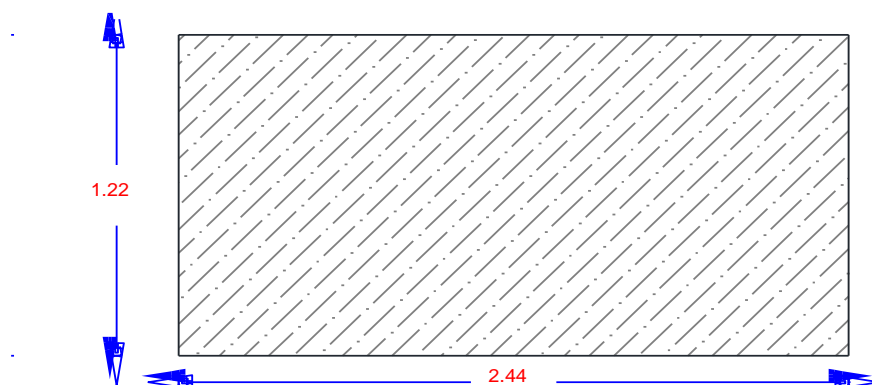
- Hallar la mejor distribución de corte para los especímenes a usarse en los ensayos de los paneles de Fibropoliuretano.

MÉTODOS USADOS.

1. Análisis de medidas

Los paneles de Fibropoliuretano, tienen un tamaño nominal de 1.22 x 2.44 m con un espesor de ± 44 mm. Figura 5.4

FIGURA 5.4. PANEL DEL FIBROPOLIURETANO



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

2. Cantidad de especímenes requeridos.

En cada panel se necesita la siguiente cantidad de especímenes. Tabla 5.4.

TABLA 5.4. CANTIDAD DE ESPECÍMENES POR PANEL

N° DE NORMA	DEFINICIÓN	N° MUESTRAS POR PANEL	MEDIDAS (mm)
C551	PROPIEDAD FISICA - DIMENSIONES	PANEL COMPLETO	
C271	PROPIEDAD FISICA-DENSIDAD	4	300 x 300
C272	PROPIEDAD FISICA- ABSORCION	7	75 x 75
C481	PROPIEDAD FISICA- ENVEJECIMIENTO	ESTUDIO INDIVIDUAL	
C297	PROPIEDAD MECANICA - TRACCION	5	71 x 71
C365	PROPIEDAD MECANICA - COMPRESION	NO APLICA NORMA	
C273	PROPIEDAD MECANICA - CORTE	5	340 x 70
D7250	PROPIEDAD MECANICA- FLEXION VIGA	5	800 x 80
C551	PROPIEDAD MECANICA - FLEXION	5	700 x 300

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

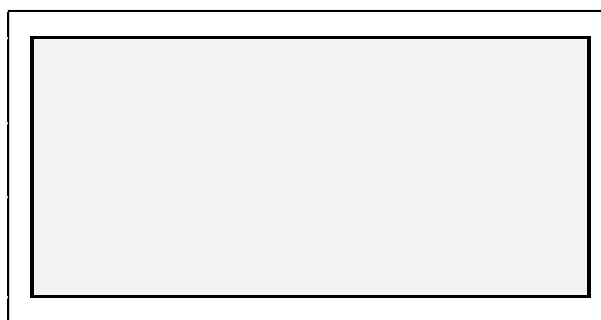
3. Distribución de los especímenes en el panel

Para este fin se procedió de la siguiente manera.

▪ Recorte de bordes

Se procede a cortar perimetralmente al panel, eliminando 3mm de la dimensión

FIGURA 5.5. RECORTE DE BORDES DEL PANEL



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

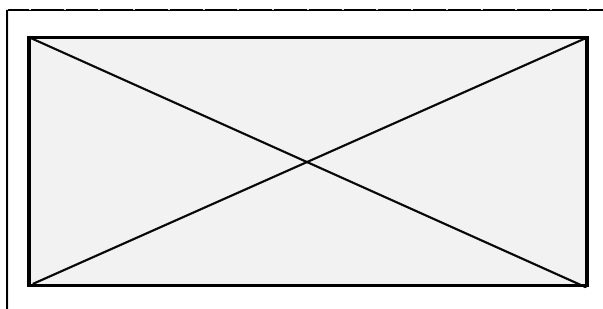
Además se debe tomar en cuenta que, en cada corte hay una pérdida total de 4mm, esto es 2mm por cada lado, debido al espesor del disco de corte

- **Zonificación del panel**

Para obtener muestras significativas de los diferentes especímenes en toda la superficie del panel, como primer paso se considera subdividir al panel en zonas representativas, de las cuales se extraerán cada una de las muestras a ser ensayadas.

Como primera tentativa se realizó un esquema, donde se consideró 4 zonas (figura 5.6.), este trazado no se aplicó por generar un alto desperdicio, además este trazado no permite completar el número requerido de muestras para los ensayos.

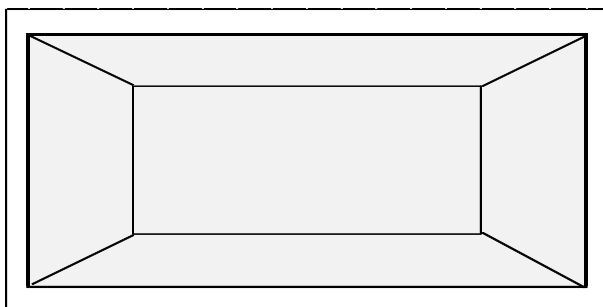
FIGURA 5.6. 1ERA TENTATIVA DE ZONIFICACIÓN DE PANELES



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Como segunda opción se realiza un segundo trazado definiendo una zona central y cuatro trapecios laterales, sin embargo, no se aplica ya que igualmente no permite obtener la cantidad de muestras requeridas.

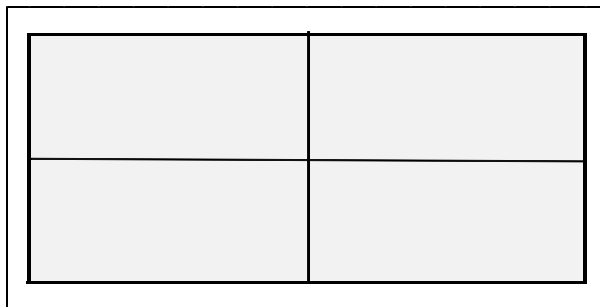
FIGURA 5.7. 2DA TENTATIVA DE ZONIFICACIÓN DE PANELES



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

La tercera opción fue realizar un trazado simple de 4 zonas iguales, el desperdicio es mínimo, pero la zonificación es deficiente, no permite obtener un análisis más detallado de toda la superficie del panel.

FIGURA 5.8. 3ERA TENTATIVA DE ZONIFICACIÓN DE PANELES



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Como cuarta tentativa se traza una zonificación en 6 sectores, la cual produce menor desperdicio y se podrán ubicar cada una de las diferentes probetas normalizadas en toda la superficie del panel, propiciando un estudio más detallado para la comparación de homogeneidad en el panel, objetivo principal de esta investigación. Figura 5.9.

- **Ubicación espacial de las muestras**

De acuerdo a la zonificación seleccionada, se debe distribuir la ubicación de los especímenes en los diferentes sectores, cubriendo de esta manera toda la superficie del panel, para cada uno de los ensayos a realizarse. Figura 5.10

FIGURA 5.9. 4TA TENTATIVA DE ZONIFICACIÓN DE PANELES

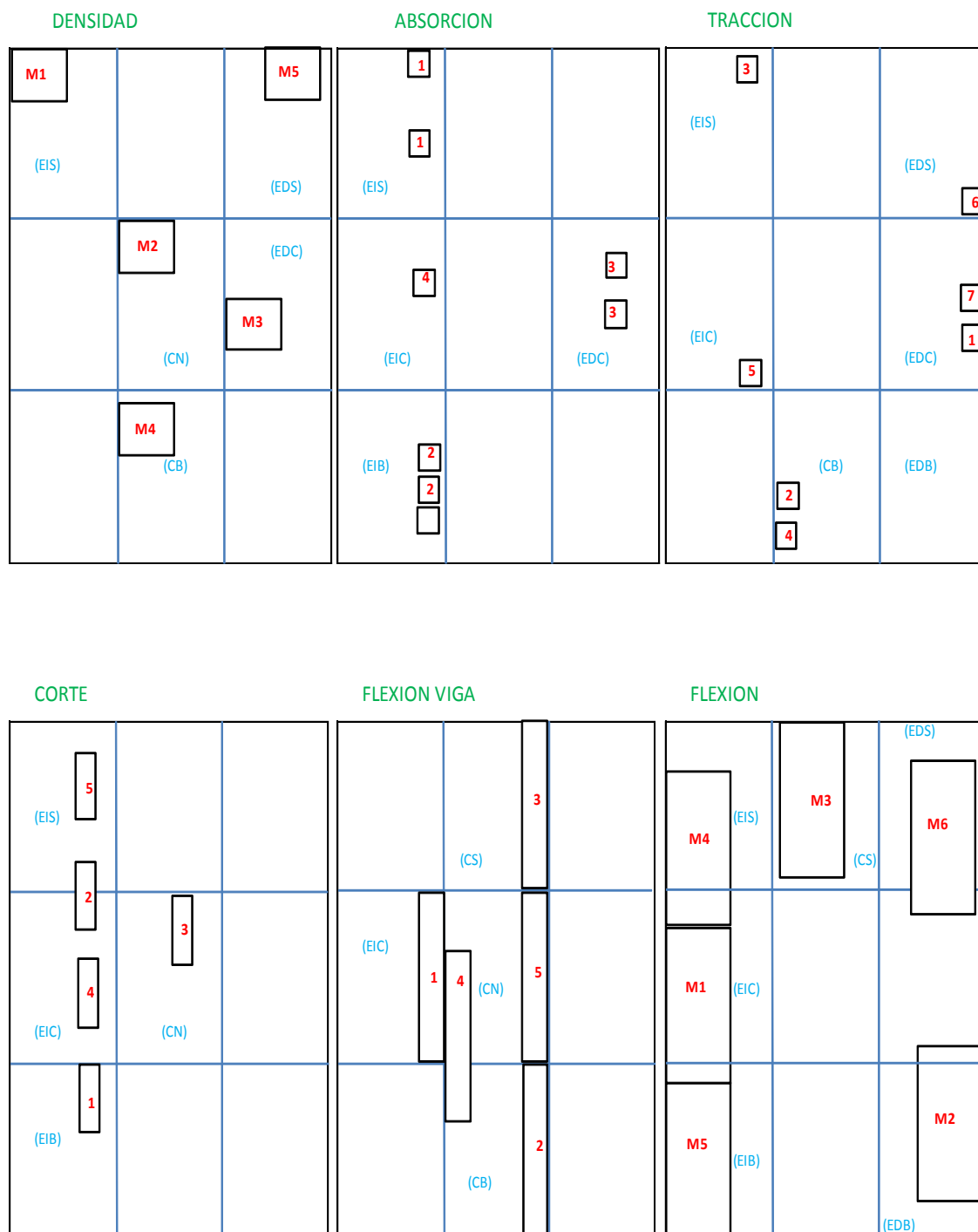
EXTREMO IZQUIERDO SUPERIOR (EIS)	CENTRO SUPERIOR (CS)	EXTREMO DERECHO SUPERIOR (EDS)
EXTREMO IZQUIERDO CENTRAL (EIC)	CENTRO NÚCLEO (CN)	EXTREMO DERECHO CENTRAL (EDC)
EXTREMO IZQUIERDO BAJO (EIB)	CENTRO BAJO (CB)	EXTREMO DERECHO BAJO (EDB)

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

▪ Disposición final de cortes

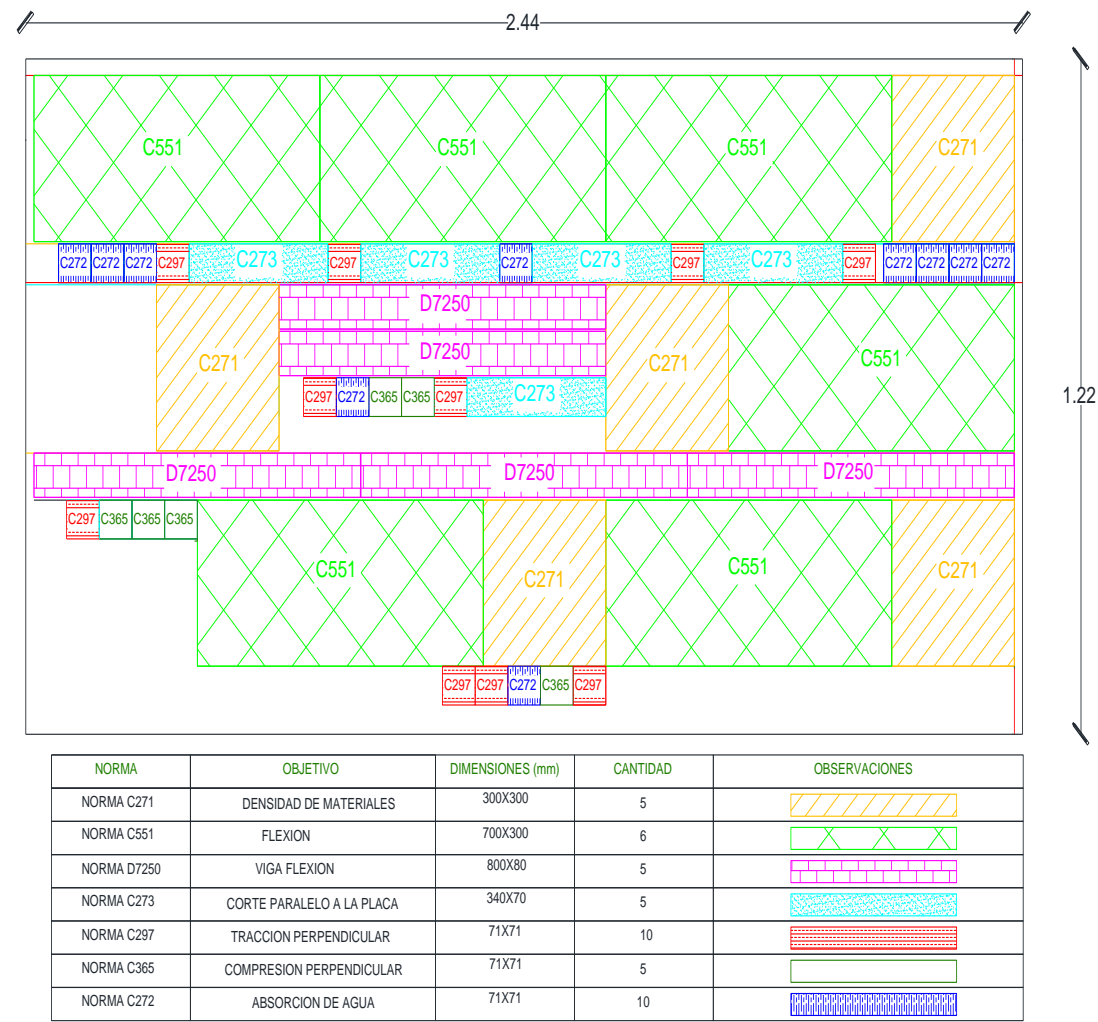
A continuación, se indica la disposición final de las muestras con la zonificación seleccionada, la cual se usará en todos los paneles a ser estudiados, la misma que permitirá obtener datos de los sectores representativos del panel en desarrollo. Figura 5.11.

FIGURA 5.10. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS MUESTRAS EN PANELES



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

FIGURA 5.11. DISPOSICIÓN FINAL DE CORTES



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

5.3.1. DISTRIBUCIÓN PANEL N° 1

La distribución de especímenes para el panel 1, se indica en la figura 5.11. El cual corresponde a la cantidad de muestras de la tabla 5.5.

TABLA 5.5. NÚMERO DE ESPECÍMENES, PANEL N° 1

N° DE NORMA	DEFINICIÓN	N° MUESTRAS POR PANEL	MEDIDAS (mm)
C271	PROPIEDAD FISICA-DENSIDAD	5	300 x 300
C272	PROPIEDAD FISICA- ABSORCION	7	75 x 75
C297	PROPIEDAD MECANICA - TRACCION	6	71 x 71
C365	PROPIEDAD MECANICA - COMPRESION	5	71 x 71
C273	PROPIEDAD MECANICA - CORTE	4	340 x 70
D7250	PROPIEDAD MECANICA- FLEXION VIGA	5	800 x 80
C551	PROPIEDAD MECANICA - FLEXION	6	700 x 300

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

5.3.2. DISTRIBUCIÓN PANEL N° 2

La distribución de especímenes para el panel 2, se indica en la figura 5.11. El cual corresponde a la cantidad de muestras de la tabla 5.6.

TABLA 5.6. NÚMERO DE ESPECÍMENES, PANEL N°2

N° DE NORMA	DEFINICIÓN	N° MUESTRAS POR PANEL	MEDIDAS (mm)
C271	PROPIEDAD FISICA-DENSIDAD	4	300 x 300
C272	PROPIEDAD FISICA- ABSORCION	7	75 x 75
C297	PROPIEDAD MECANICA - TRACCION	5	71 x 71
C273	PROPIEDAD MECANICA - CORTE	5	340 x 70
D7250	PROPIEDAD MECANICA- FLEXION VIGA	5	800 x 80
C551	PROPIEDAD MECANICA - FLEXION	5	700 x 300

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

5.3.3. DISTRIBUCIÓN PANEL N° 3

La distribución de especímenes para el panel 3, se indica en la figura 5.11. El cual corresponde a la cantidad de muestras de la tabla 5.7.

TABLA 5.7. NÚMERO DE ESPECÍMENES, PANEL N° 3

N° DE NORMA	DEFINICIÓN	N° MUESTRAS POR PANEL	MEDIDAS (mm)
C271	PROPIEDAD FISICA-DENSIDAD	4	300 x 300
C272	PROPIEDAD FISICA- ABSORCION	7	75 x 75
C297	PROPIEDAD MECANICA - TRACCION	4	71 x 71
C273	PROPIEDAD MECANICA - CORTE	5	340 x 70
D7250	PROPIEDAD MECANICA- FLEXION VIGA	5	800 x 80
C551	PROPIEDAD MECANICA - FLEXION	5	700 x 300

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

5.3.4. DISTRIBUCIÓN PANEL N° 4

La distribución de especímenes para el panel 4, se indica en la figura 5.11. El cual corresponde a la cantidad de muestras tabla 5.8.

TABLA 5.8. NÚMERO DE ESPECÍMENES, PANEL N°4

N° DE NORMA	DEFINICIÓN	N° MUESTRAS POR PANEL	MEDIDAS (mm)
C271	PROPIEDAD FISICA-DENSIDAD	4	300 x 300
C272	PROPIEDAD FISICA- ABSORCION	4	75 x 75
C297	PROPIEDAD MECANICA - TRACCION	4	71 x 71
C273	PROPIEDAD MECANICA - CORTE	4	340 x 70
D7250	PROPIEDAD MECANICA- FLEXION VIGA	4	800 x 80
C551	PROPIEDAD MECANICA - FLEXION	5	700 x 300

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

CAPÍTULO VI

6. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio requeridos, para conocer y analizar el comportamiento del material y verificar la homogeneidad de los paneles en función de los resultados obtenidos son los siguientes:

6.1. DIMENSIONES

Norma de referencia:

[ASTM C551-07 Standard Specification for Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels](#)

ASTM C551-07 Especificación estándar para la Fibra de asbesto-cemento en paneles aislantes.

(Norma, anexo 5.7)

OBJETIVO:

- Verificar las dimensiones del panel ya conformado

MÉTODOS USADOS:

1. *Análisis del objetivo*

OBJETIVO

- Esta especificación cubre a dos hojas o paneles de amianto-cemento que están unidos a un núcleo de material aislante, formando esta unión un panel sándwich.
- Verifica las variaciones permisibles en dimensiones, que son medidas rutinarias con el propósito de determinar si la longitud, ancho, espesor y escuadratura de las unidades individuales son como fueron concebidas, asegurando así las propiedades para la dimensión y la uniformidad del espesor especificado

Los paneles de Fibropoliuretano son fabricados en el tamaño original de las planchas de fibrocemento (tabla 2.11), dimensiones a las cuales estos corresponden.

2. Requerimientos para el ensayo

REQUERIMIENTO

- Trabajar en un ambiente controlado de condiciones normales que deber ser el mismo para todos las pruebas
- Muestra plana, lisa y paralela, sin curvaturas, juntas, discontinuidades y rugosidades.
- Se toma una muestra por lote, si no cumple algún parámetro se debe tomar otra. Los resultados de esta reprueba serán promediados con los resultados de la prueba original para determinar la compatibilidad, si la 2da prueba falla se rechazará las muestras
- Realizar 4 medidas en cada espécimen a probar, hasta el punto medio aproximado de cada borde y al menos a 1 cm desde el borde.
- Esta especificación es aplicable para paneles de dimensiones de la tabla 3 y 4.
- El promedio de espesor de todos los paneles provistos bajo esta especificación serán como los prescritos en la tabla 4. El promedio de espesor de alguna hoja no diferirá del promedio de todas las hojas por más del 10%
- Anchura y longitud, la variación permisible de la anchura nominal será 3mm ($\pm 1.5\text{mm}$) y de la longitud nominal 3mm ($\pm 1.5\text{mm}$) estas medidas deben ser tomadas luego de 48 horas de aclimatamiento a temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y 50% de humedad relativa
- Escuadratura La desviación de escuadratura no excederá el 0.2% en ancho y longitud

La fabricación de los paneles y su posterior almacenamiento se realizó en un lugar de condiciones climáticas estables, libre de la intemperie y bajo techo.

Para este ensayo, la norma verifica las medidas del panel completo, se analizaron las siguientes muestras:

TABLA 6.1. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO DIMENSIONES

N° PANEL	N° MUESTRAS POR PANEL	TOTAL MUESTRAS
1	1	
2	1	
3	1	
4	1	
	4	

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

La comprobación de las dimensiones se realizó de acuerdo a las variaciones permisibles indicadas en norma. Fotografía 6.1



FOTOGRAFÍA 6.1. MEDICIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

3. Aparatos o maquinarias necesarias

APARATOS

- Calibrador digital para medir el espesor, que tenga ángulos planos aproximadamente 5mm en diámetro y de lecturas de 0.02mm



FOTOGRAFÍA 6.2. CALIBRADOR DIGITAL. Lecturas 0.01mm

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

4. Procedimiento a seguir

PROCEDIMIENTO

- **A.** Preparar las muestras (paneles completos)
- **B.** Medir las condiciones ambientales donde se realiza el ensayo
- **C.** Calibrar los aparatos
- **D.** Medir: largo, ancho, espesor y escuadratura el espécimen antes del aclimataamiento
- **E.** Aclimataamiento de 48 horas (± 1 hora) temperatura 25°C ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) y 50% de humedad relativa
- **F.** Volver a medir longitud, ancho, espesor y escuadratura el espécimen después del aclimataamiento
- **G.** Mida y anote para sacar el promedio de las medidas y gravarlos como el espesor del espécimen el mismo que se comparara de acuerdo a los requerimientos (tabla 3, 4)

5. Cálculos requeridos

CALCULOS

- Largo (mm)
- Ancho (mm)
- Espesor (mm)
- Escuadratura (mm)
- Datos estadísticos para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de desviación para determinar la uniformidad del producto

Los valores obtenidos en este ensayo corresponden al panel completo de Fibropoliuretano. Este ensayo será realizado una vez terminada la fabricación y forma parte los requerimientos de la fabricación del molde con información pertinente para la presente investigación.

6.2. DENSIDAD

Norma de referencia:

[ASTM C271/C271M-11 Standard Test Method for Density of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C271/C271M-11 Método de prueba estándar para determinar la densidad del núcleo sándwich.

(Norma, anexo 5.1)

OBJETIVO:

- Determinar la densidad de los paneles de Fibropoliuretano.

MÉTODOS USADOS

1. Análisis del objetivo

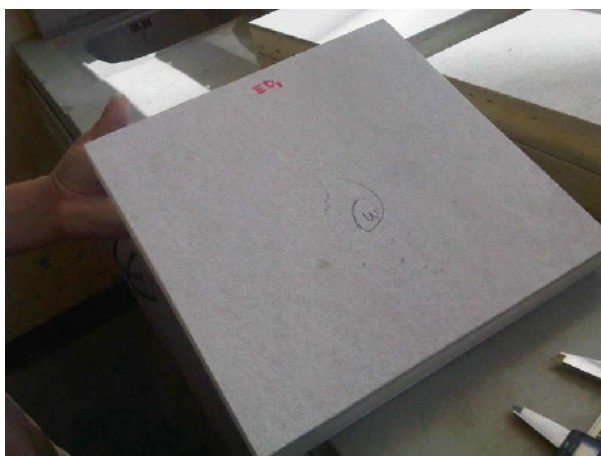
OBJETIVO

- Determinar la densidad que es una propiedad física fundamental para caracterizar las propiedades de diseño del núcleo sándwich, propiedades de diseño, especificación de materiales, aplicaciones de investigación y garantía de calidad.

2. Requerimientos para el ensayo

REQUERIMIENTO

- El ensayo debe ser realizado en un ambiente controlado y en condiciones normales que debe ser el mismo para todas las muestras.
- Mínimo de muestras a probar 3
- Muestra de geometría de 300mm x300mm
- Muestra plana y paralela, sin curvaturas, juntas, nudos, discontinuidades y rugosidades.
- Con un espesor de núcleo uniforme



FOTOGRAFÍA 6.3. MUESTRA PARA DENSIDAD

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Para este ensayo se analizaron las siguientes muestras:

TABLA 6.2. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO DENSIDAD

N° PANEL	N° MUESTRAS POR PANEL	
1	5	
2	4	
3	4	
4	4	
	17	TOTAL MUESTRAS

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

En el caso del panel 1 las muestras fueron ensayadas en 2 ocasiones, la 1era después de 20 días de su fabricación, y la 2da 12 días después de haber realizado el 1er ensayo, con el fin de verificar si existe una posible inestabilidad volumétrica en el tiempo posterior a la fabricación y luego de haber sido llevado a un aclimatamiento o estabilización.

3. Aparatos o maquinarias necesarias

APARATOS

- Horno, para el aclimatamiento con una temperatura uniforme de 40°C ($\pm 3^\circ\text{C}$), el tiempo para aclimatamiento en que debe permanecer la muestra es de 24 horas (± 1 hora).
- Calibrador de caras planas, tolerancia ± 0.02 mm (± 0.001 in)
- Balanza, tolerancia $\pm 0.5\%$ gr



FOTOGRAFÍA 6.4. HORNO PARA ACLIMATAMIENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

4. Procedimiento a seguir

PROCEDIMIENTO

- **A.** Preparar la muestra (cortar)
- **B.** Medir las condiciones ambientales donde se realiza el ensayo
- **C.** Calibrar los aparatos: balanza
- **D.** Pesar el espécimen
- **E.** Medir la longitud, ancho y espesor del espécimen
- **F.** Aclimatamiento de la muestra (colocación en el horno temperatura y tiempo indicado)
- **G.** Después de sacar del horno, repetir los pasos C, D, y E
- **H.** Calcular la densidad

5. Cálculos requeridos

CÁLCULOS

- Masa final después del secado o acondicionamiento (gr)
- Longitud final (mm)
- Ancho final (mm)
- Espesor (mm)
- Densidad (Kg/m³)
- Datos estadísticos para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de desviación

Los valores obtenidos en los ensayos realizados corresponden a diferentes secciones de los paneles en estudio, para comprobar su homogeneidad.



FOTOGRAFÍA 6.5. MEDICIÓN DE ESPESORES

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

En el informe de ensayo correspondiente a esta norma, se registran todos los valores obtenidos, los mismos que se basan en los métodos aquí indicados, revisar el anexo 6.1.

6.3. ABSORCIÓN

Norma de referencia.

[ASTM C272-01\(2012\) Standard Test Method for Water Absorption of Core Materials for Structural Sandwich Constructions](#)

ASTM C272-01 (2012) Método de prueba estándar para la absorción de agua de los materiales núcleo para construcciones Sándwich
(Norma, anexo 5.2)

OBJETIVO:

- Determinar la cantidad relativa de absorción de agua en los paneles de Fibropoliuretano.

MÉTODOS USADOS*1. Análisis del objetivo***OBJETIVO**

- Determinar la cantidad relativa de absorción de agua en el núcleo de una construcción sándwich, cuando es sumergido en agua o sometido a un ambiente de alta humedad relativa.
- Exponer la muestra del núcleo del sándwich a una condición de humedad definida y determinar la cantidad de agua absorbida midiendo el aumento de masa en el espécimen.

Para este ensayo se realizarán pruebas con muestras completas, es decir, con fibrocemento y poliuretano y otras sólo se ensayará el núcleo; todo esto con el fin de verificar la absorción de agua en los dos casos.

*2. Requerimientos para el ensayo***REQUERIMIENTO**

- El ensayo debe ser realizado en un ambiente controlado y de condiciones normales, que debe ser el mismo para todas las muestras.
- Mínimo de muestras a probar 5
- Muestra de geometría de 75mm x75mmx13mm (espesor)
- Muestra plana y paralela, sin curvaturas, juntas, nudos, discontinuidades y rugosidades.
- Con un espesor de núcleo uniforme
- El agua en la muestra no debe estar empozada



FOTOGRAFÍA 6.6. MUESTRAS PARA ABSORCIÓN DE AGUA

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Los espesores de las muestras para este ensayo, se acoplaron a $\pm 44\text{mm}$ en el caso del material completo y de $\pm 28\text{mm}$ en el caso del núcleo.

Para este ensayo se analizaron las siguientes muestras:

TABLA 6.3. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO ABSORCIÓN

N° PANEL	N° MUESTRAS POR PANEL	
	SOLO NÚCLEO	PANEL COMPLETO
1	4	3
2	4	3
3	4	3
4		4
	12	13
	TOTAL MUESTRAS	

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

3. Aparatos o maquinarias necesarias

APARATOS

- Horno para aclimatamiento de temperatura uniforme de 50°C ($\pm 3^\circ\text{C}$)
- Cámara de humedad, capaz de mantener una humedad relativa uniforme con una precisión del 65% y una temperatura uniforme de 23°C con una variación de $\pm 3^\circ\text{C}$
- Balanza Analítica, calibrada de 0.01 gr.
- Calibrador digital



FOTOGRAFÍA 6.7. BALANZA ANALÍTICA. Lectura 0.01 gr

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

4. Procedimiento a seguir

PROCEDIMIENTO

- **A.** Preparar la muestra (cortar)
- **B.** Medir las condiciones ambientales donde se realiza el ensayo
- **C.** Aclimatar del espécimen en el horno por 24 horas (± 1 hora) a 50°C ($\pm 3^\circ\text{C}$)
- **D.** Calibrar la balanza.
- **E.** Pesar y medir: largo, ancho y espesor el espécimen inmediatamente luego de sacado del horno
- **F.** Sumergir el espécimen en un contenedor en forma horizontal a una profundidad de 25mm de agua por 24 horas (± 1 hora) manteniendo una temperatura de 23°C ($\pm 3^\circ\text{C}$)
- **G.** Sacar los especímenes, mover rigurosamente y limpiar el agua superficial secándola (si el agua ingresa al material mojar con alcohol isopropílico a una concentración del 90% agitar y secar)
- **H.** Inmediatamente realizar el paso E (después de la sumersión)
- **I.** Pese y anote la masa en gr, para el calculo



FOTOGRAFÍA 6.8. SUMERSIÓN DE ESPECÍMENES PARA ABSORCIÓN DE AGUA

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Las muestras de Paneles de Fibropoliuretano, flotan cuando se encuentran solo con el núcleo o cuando se encuentran completas (fotografía 6.8), para realizar este paso del ensayo se colocaron pesos sobre las muestras para que estén pueden estar sumergidas tal como indica la norma.

5. Cálculos requeridos

CÁLCULOS

- Masa del espécimen antes de la inmersión (gr)
- Masa del espécimen después de la inmersión (gr)
- Cálculo del incremento de masa (%)
- Largo (cm)
- Ancho (cm)
- Espesor (cm)
- Volumen (cm³)
- Absorción de agua por unidad de volumen (gr/cm³)
- Datos estadísticos para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de desviación

Con los resultados obtenidos se comparará la absorción de agua, sólo como núcleo y como panel completo.

En el informe de ensayo correspondiente a esta norma, se registran todos los valores obtenidos, los mismos que se basan en los métodos aquí indicados, revisar el anexo 6.2.

6.4. ENVEJECIMIENTO

Norma de referencia

[ASTM C481-99\(2011\) Standard Test Method for Laboratory Aging of Sandwich Constructions](#)

ASTM C481-99 (2011) Método de prueba estándar para el Envejecimiento en Laboratorio de Construcciones Sándwich
(Norma, anexo 5.3)

OBJETIVO

- Determinar el envejecimiento o la degradación del panel de Fibropoliuretano en propiedades seleccionadas, y en condiciones simuladas.

MÉTODOS USADOS

1. *Análisis del objetivo*

OBJETIVO

- Simular en laboratorio temperaturas y humedades, que llevarán al envejecimiento a los paneles tipo sándwich, para el control de la calidad, la especificación de las pruebas de aceptación, la investigación y el desarrollo.

2. *Requerimientos para el ensayo*

REQUERIMIENTO

- Máxima humedad relativa del aire del 10%
- El aire se distribuye por un ventilador para calentar uniformemente todas las superficies
- El agua debe ser rociada a fin de ponerse en contacto en toda la superficie
- Llevar la muestra a peso constante (1%) antes de la prueba, anotar el tiempo requerido para alcanzar el peso constante.
- Someter al espécimen a 6 ciclos de envejecimiento de laboratorio, el intervalo entre ciclo no debe ser mayor a 30 min.



FOTOGRAFÍA 6.9. MUESTRAS PARA ENVEJECIMIENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Para este ensayo se analizaron únicamente muestras del panel 4:

TABLA 6.4. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO ENVEJECIMIENTO

PANEL N° 4	
N° DE MUESTRA	TIPO DE ENSAYO
4	C271
4	C272
4	C297
4	C273
4	D7250
5	C551
25	TOTAL MUESTRAS

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

3. Aparatos o maquinarias necesarias

APARATOS

- Horno
- Tanque de agua
- Rociador de vapor
- Congelador

Para realizar esta prueba se utiliza:

- Cocina industrial
- Un termómetro industrial
- Un horno para el aclimatamiento.
- Para el rocío en agua caliente se utilizó la misma cocina, colocando el material sobre placas metálicas asentadas en los recipientes llenos de agua caliente, obteniéndose de esta manera un simulado “baño maría”.





FOTOGRAFÍA 6.10. EQUIPO UTILIZADO PARA EL ENVEJECIMIENTO DE PANELES

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

4. Procedimiento a seguir

PROCEDIMIENTO

•CICLO A y C

- 1. Sumergir la muestra horizontal en agua a 50°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 1 hora
- 2. Rocíe con vapor de agua a 95°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) por 3 horas
- 3. Guarde o embodegue a -12°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) por 20 horas
- 4. Caliente a 100°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) con aire caliente por 3 horas
- 5. Rocíe con vapor de agua a 95°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) por 3 horas
- 6. Caliente a 100°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 18 horas
- Ambientar el espécimen a una temperatura de 23°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa de 50% ($\pm 5^{\circ}\text{C}$)

PROCEDIMIENTO

•CICLO B

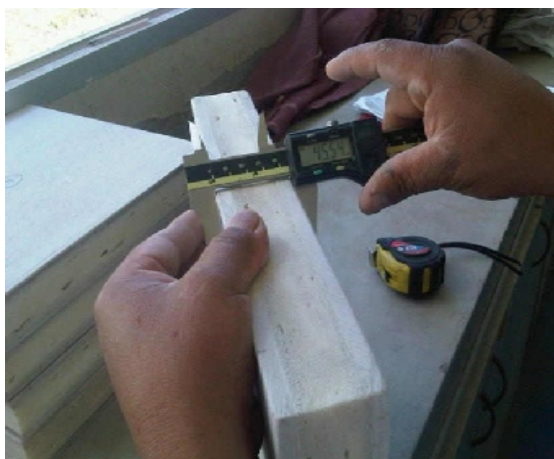
- 1. Sumergir la muestra horizontal en agua a 50°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) por 1 hora
- 2. Caliente y seque con aire caliente 70°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) por 3 horas
- 3. Rocíe con agua caliente a 70°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) por 3 horas
- 4. Seque con aire caliente a 70°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) por 18 horas
- Ambientar el espécimen a una temperatura de 23°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa de 50% ($\pm 5^{\circ}\text{C}$)

Para este ensayo se podía escoger entre dos tipos de ciclo: A y C considerado el más severo y el ciclo B considerado de menor impacto. Para la elección del ciclo de envejecimiento se verificó que el laboratorio este equipado con todo lo necesario para la realización del ciclo escogido.

En el caso del ciclo A y C, no se pudo contar con un congelador de tipo industrial que permita llevar a los especímenes a los -12°C que requiere la norma. Razón por la cual se optó por el ciclo B, para el cual se cumplió con todo el equipamiento en laboratorio.

Los pasos para este ensayo son los que se indican en el procedimiento del ciclo B, y adicional a estos se realizaron medidas iniciales.

1. Medición y peso de los especímenes, antes de realizar el 1er ciclo de envejecimiento. Fotografía 6.11.
2. Sumersión de los especímenes en bandejas metálicas, con agua caliente para mantenerlos en 50°C. Fotografía 6.12.
3. Colocación en el horno para secado con aire caliente 70°C. Fotografía 6.13.
4. Exposición de las muestras a baño maría. Fotografía 6.14.
5. Colocación de las muestras nuevamente en el horno por 18 horas a 70°C.



FOTOGRAFÍA 6.11. MEDICIÓN Y PESO DE MUESTRAS ANTES DEL ENVEJECIMIENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012



FOTOGRAFÍA 6.12. SUMERSIÓN DE ESPECÍMENES EN AGUA CALIENTE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012



FOTOGRAFÍA 6.13. COLOCACIÓN DE ESPECÍMENES EN EL HORNO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012



FOTOGRAFÍA 6.14. COLOCACIÓN DE ESPECÍMENES A “BAÑO MARÍA”

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Los especímenes deben someterse a 6 ciclos completos, cada ciclo tiene 4 pasos que deben realizarse de forma secuencial, en cada uno de estos se reporta si existe algún daño o deterioro del material.

5. Análisis de fallas por envejecimiento

Para eliminar una muestra y detener su proceso de envejecimiento se considera que debe tener dos fallas o deterioros graves. Que en el material en estudio puede corresponder a:

- Desprendimiento de la espuma de poliuretano.
- Expansión de la espuma de poliuretano.
- Fractura del fibrocemento.
- Pérdida del área de la espuma de poliuretano.(Fotografía 6.15)

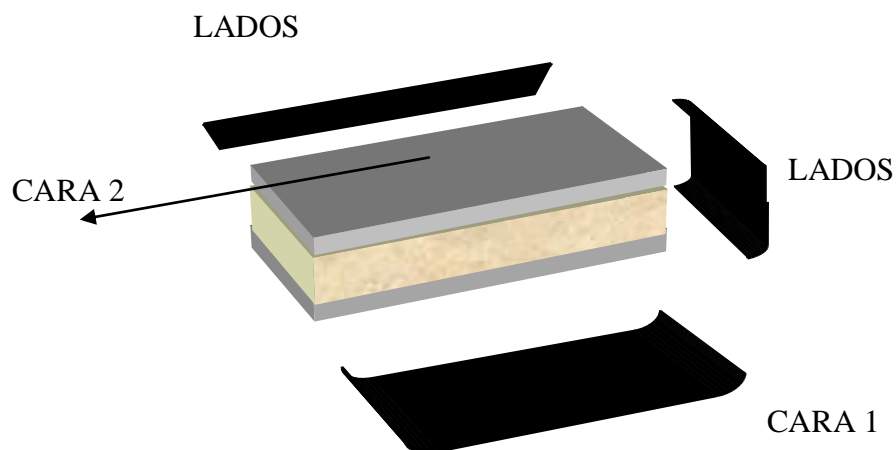
Para analizar las fallas por deterioro que el material sufre a lo largo de los ciclos de envejecimiento, es necesario localizar la ubicación e indicar el porcentaje de las mismas, para lo cual se usará la descripción de la figura 6.1.



FOTOGRAFÍA 6.15. FALLAS POR ENVEJECIMIENTO DEL MATERIAL

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

FIGURA 6.1 LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN ESPECÍMENES POR ENVEJECIMIENTO



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

El análisis de fallas se realiza una vez terminado un paso de cada ciclo, donde se reporta el estado de cada uno de los especímenes; a continuación se detalla el trabajo realizado en este ensayo.

CICLO 1

PASO 1

Se verifica un hinchamiento del Poliuretano en todos los especímenes, como se muestra en la fotografía 6.16



FOTOGRAFÍA 6.16. CICLO 1, PASO 1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 2

Se verifica un desprendimiento y una expansión significativa en las muestras más grandes que corresponden a la norma C551. Fotografía 6.17



FOTOGRAFÍA 6.17. CICLO 1, PASO 2

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 3

Se observa una expansión del Poliuretano en los especímenes grandes que corresponden a la norma C551 y D7250. Fotografía 6.18



FOTOGRAFÍA 6.18. CICLO 1, PASO 3

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 4

Se observa desprendimiento en los especímenes de tamaño intermedio que corresponden a la norma C271. Fotografía 6.19



FOTOGRAFÍA 6.19. CICLO 1, PASO 4

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

CICLO 2**PASO 1**

Los especímenes de mayor tamaño correspondientes a la norma C551, son los que se afectan en mayor grado con este tipo de pruebas. Fotografía 6.20



FOTOGRAFÍA 6.20. CICLO 2, PASO 1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 2

Algunos especímenes luego de salir del horno, se recuperan de su estado de deformación. Fotografía 6.21



FOTOGRAFÍA 6.21. CICLO 2, PASO 2

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 3

Aparecen desprendimientos a las dos caras en los extremos cortos de los especímenes correspondientes a las norma D7250. Fotografía 6.22. La degradación continúa afectando a los especímenes de mayor tamaño.



FOTOGRAFÍA 6.22. CICLO 2, PASO 3

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 4

La excesiva expansión del Poliuretano hace que el fibrocemento se fracture, apareciendo la separación o rotura de los paneles. Fotografía 6.23.



FOTOGRAFÍA 6.23. CICLO 2, PASO 4

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

CICLO 3

PASO 1

Se desecha el último espécimen grande correspondiente a la norma C551, por exceso de expansión del Poliuretano y desprendimiento. Fotografía 6.24.



FOTOGRAFÍA 6.24. CICLO 3, PASO 1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 2

La expansión del Poliuretano en algunos especímenes, es una falla permanente en los mismos. Fotografía 6.25.



FOTOGRAFÍA 6.25. CICLO 3, PASO 2

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 3

La forma de colocación de las muestras en el horno es de gran importancia, el espécimen correspondiente a la norma C271, sufre un tipo de quemadura en la espuma en un extremo del mismo. Fotografía 6.26.



FOTOGRAFÍA 6.26. CICLO 3, PASO 3

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 4

El material continúa su expansión en algunas caras de los especímenes y en otros recupera, en bajo grado su estado natural. Fotografía 6.27



FOTOGRAFÍA 6.27. CICLO 3, PASO 4

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

CICLO 4**PASO 1**

En elementos pequeños y medianos correspondientes a los especímenes de las normas C272, C297 y C273, se observa absorción de agua en toda el área de dichos elementos. Fotografía 6.28

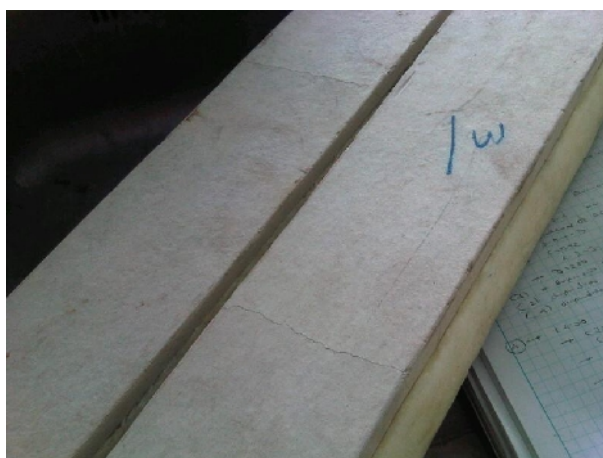


FOTOGRAFÍA 6.28. CICLO 4, PASO 1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 2

La expansión excesiva del poliuretano hace que el fibrocemento comience a fisurarse en especímenes de la norma D7250. Fotografía 6.29.



FOTOGRAFÍA 6.29. CICLO 4, PASO 2

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 3 y 4

El fibrocemento sufre una rotura por exceso de expansión del poliuretano, esto se verifica en los especímenes de la norma D7250. Fotografía 6.30.



FOTOGRAFÍA 6.30. CICLO 4, PASOS 3 y 4

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

CICLO 5

PASO 1

Adicional a la rotura del fibrocemento se visualiza expansión excesiva en los especímenes de la norma D7250, por la cual se los desecha. Fotografía 6.31.



FOTOGRAFÍA 6.31. CICLO 5, PASO 1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASOS 2 y 3

Se desecha la última de las muestras grandes correspondiente a la norma C271, indicando de esta forma que, este proceso afecta en mayor grado a los elementos de mayor volumen o tamaño. Fotografía 6.32



FOTOGRAFÍA 6.32. CICLO 5, PASOS 2 y 3

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASO 4

El deterioro por desprendimiento es evidente ahora en las muestras medianas correspondientes a la norma C273. Fotografía 6.33.



FOTOGRAFÍA 6.33. CICLO 5, PASO 4

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

CICLO 6**PASO 1**

Las muestras pequeñas absorben agua en toda su área expandiéndose el poliuretano en todos sus lados. Fotografía 6.34



FOTOGRAFÍA 6.34. CICLO 6, PASO 1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

PASOS 2 y 3

Inicia el deterioro de las muestras pequeñas con la reducción de sus espesores en algunos casos y en otros con el desprendimiento del poliuretano. Fotografía 6.35



FOTOGRAFÍA 6.35. CICLO 6, PASOS 2 y 3

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 201

PASO 4

Con este paso se finaliza los 6 ciclos de envejecimiento correspondientes a la norma en estudio, en las fotografías 6.36 se verifica el estado en el cual terminaron las muestras ensayadas.



FOTOGRAFÍA 6.36. CICLO 6, PASO 4

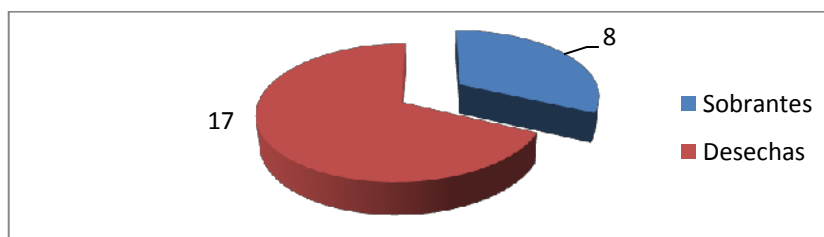
FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Como análisis final se obtiene el porcentaje de muestras entre desechadas y sobrantes.

TABLA 6.5. RESUMEN DE ESPECÍMENES PROBADOS POR ENVEJECIMIENTO

TOTAL ANALISIS DE ENVEJECIMIENTO CICLO B		
MUESTRAS	NUMERO	PORCENTAJE
Sobrantes	8	32%
Desechas	17	68%
Total muestras	25	100%

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

GRÁFICO 6.1. TOTAL DE ESPECÍMENES PROBADOS POR ENVEJECIMIENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

6. Cálculos requeridos

CÁLCULOS

- Cálculo del % de degradación de la muestra envejecida
- Con la muestra del material envejecido se realizan las pruebas de: corte, flexión, etc. Cada una de estas de acuerdo a cada necesidad y comportamiento requerido en cada caso. Con los correspondientes datos obtenidos del material sin envejecimiento y los datos obtenidos del material envejecido, se debe calcular los porcentajes de degradación en cada caso.

Con las muestras sobrantes y las que se encuentran en mejor estado (muestras no dañadas) se realizan los ensayos pertinentes para verificar el % de degradación del material. Fotografía 6.37

**FOTOGRAFÍA 6.37. MUESTRAS ENVEJECIDAS, ENSAYÁNDOSE**

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

En el informe de ensayo perteneciente a esta norma, se reportan todos los valores obtenidos, los mismos que se basan en los ciclos aquí indicados. Anexo 6.3.

6.5. TRACCIÓN

Norma de referencia

[ASTM C297/C297M-04\(2010\) Standard Test Method for Flatwise Tensile Strength of Sandwich Constructions](#)

ASTM C297/C297M-04 (2010) Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción Flatwise de Construcciones Sándwich (Norma, anexo 5.4)

OBJETIVO:

- Determinar el esfuerzo de tracción del núcleo en los paneles de Fibropoliuretano.

MÉTODOS USADOS

1. Análisis del objetivo

OBJETIVO

- Este método de ensayo, determina el esfuerzo de tracción al núcleo, para obtener información sobre las características y la calidad de núcleo.
- Someter a una construcción sándwich a una fuerza de tracción uniaxial normal al plano del sándwich. La fuerza se transmite al sándwich a través de bloques de carga gruesa que están enlazados en la forma del sándwich o directamente en el núcleo.

2. Requerimientos para el ensayo

REQUERIMIENTO

- Ambiente controlado que debe ser el mismo para todas las muestras. Condiciones de temperatura ambiental de 23°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) y humedad relativa de 50% ($\pm 5\%$) constantes
- El espécimen debe ser uniforme, sin hendiduras, cortes, fisuras, rebabas, sin variabilidad en la densidad del núcleo, ni en el espesor, sin desalineación del mismo, no debe ser rugoso.
- Las mordazas deben estar alineadas para evitar aplicación de fuerza fuera del eje
- La muestra debe prepararse antes del acondicionamiento debe estar ligada o pegada a los bloques de carga con un adhesivo adecuado, el pegado debe hacerse a 28°C ($\pm 3^\circ\text{C}$).
- Mínimo de especímenes 5. Pueden ser cuadrado o circular de igual espesor: 625mm² ó 1.0 in²

Para la obtención de especímenes para esta prueba se intentó hacerlos circulares, lo cual no fue posible debido a que, el fibrocemento se separa del poliuretano en forma total, a pesar el uso de maquinaria de corte a baja velocidad. Fotografía 6.38

Se optó por realizar muestras cuadradas, buscando el área indicada en la norma que es de 625 mm² (25 mm por c/lado), lo cual no fue posible debido a que el

fibrocemento y el poliuretano se separan al realizar muestras muy pequeñas debido a la agresividad del corte.



FOTOGRAFÍA 6.38. ESPECÍMENES CIRCULARES PARA TRACCIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Se decide hacer muestras de mayor dimensión hasta lograr que la unión del fibrocemento y del poliuretano no se vea afectada por la velocidad del disco de corte, se llega a la medida de $\pm 71\text{mm}$ por c/lado (5041 mm^2 de área) con la premisa de que el material tiene que ser cortado con el disco hasta $\pm 80\text{mm}$ por c/lado, para luego ser lijado hasta obtener la medida solicitada, y no comprometer de esta manera la unión del fibrocemento con el poliuretano. Fotografía 6.39.



FOTOGRAFÍA 6.39. ESPECÍMENES PARA TRACCIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Para este ensayo se analizaron las siguientes muestras:

TABLA 6.6. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO TRACCIÓN

N° PANEL	N° MUESTRAS POR PANEL	
1	6	
2	5	
3	4	
4	4	
	19	TOTAL MUESTRAS

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

3. Aparatos o maquinarias necesarias

**APARAT
OS**

- Micrómetro, de 4 a 5 mm de diámetro nominal. con tolerancia de ± 0.02 mm (± 0.001) in
- Bloques rígidos de 40 a 50 mm
- Máquina de prueba, con una mordaza fija y una móvil que debe tener una velocidad constante con relación a la fija
- Accesorios de carga, deben estar alineados, no debe aplicarse cargas excéntricas, los bloques deben ser rígidos para mantener todo el elemento a carga completa.

Los bloques rígidos usados para este ensayo son de tipo metálico de medidas 100x100x8mm, los mismos están unidos a varillas que se fijarán a las mordazas de la maquina universal en la cual se realizará el ensayo.

Se probaron tres tipos de bloques, hasta encontrar los óptimos para este ensayo:

- Los primeros bloques fueron realizados con varilla lisa de diámetro 12mm, no óptimos para el ensayo, debido a que el diámetro de las varillas es insuficiente y no se ajusta a las mordazas de la máquina, causando un juego continuo en los ensayos efectuados con la misma (estos datos no fueron validados).
- Los siguientes bloques se elaboran con varilla corrugada de diámetro 20mm, no óptimos para el ensayo, debido a que las mordazas de la máquina de rosca recta no se alinea con la corrugación de la varilla ni permite obtener una alineación correcta del espécimen a la máquina. Estos ensayos no fueron validados.
- Los bloques finales se elaboran con varilla lisa de diámetro 16mm, estos resultaron ser apropiados para la investigación, las mordazas de la máquina se aseguran bien sin producirse ningún tipo de juego y la alineación es correcta, se eligen estos para el presente ensayo.



FOTOGRAFÍA 6.40. BLOQUES PARA ENSAYO DE TRACCIÓN

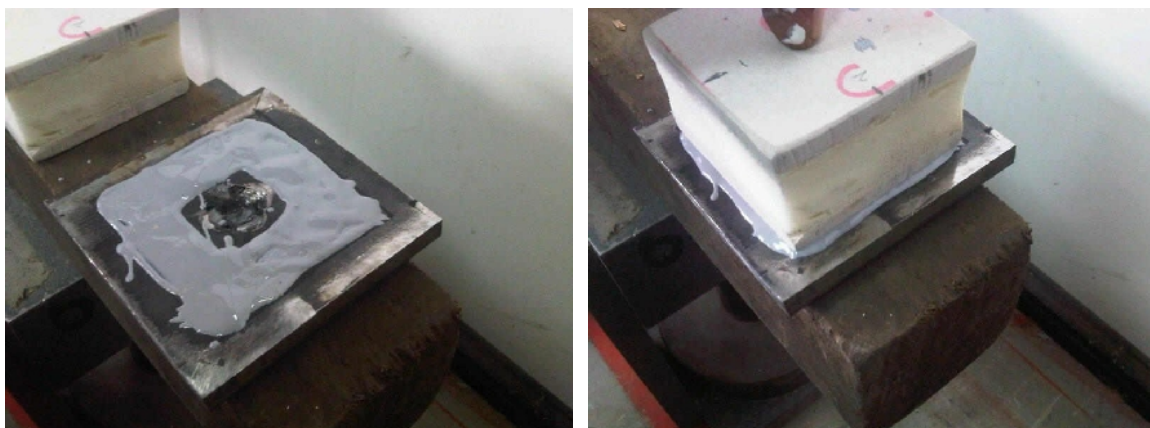
FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

4. Procedimiento a seguir

PROCEDI- MIENTO

- 1. Preparar la muestra de acuerdo al requerimiento.
- 2. Realizar la medición de la muestra para obtener el área, anotar si la muestra tiene alguna anomalía, tipo de material, origen, dimensiones, peso, tipo de geometría, etc.
- 3. Pegar la muestra a los bloques de acuerdo al requerimiento
- 4. Alineación los accesorios de carga en la máquina universal
- 5. Usar como velocidad en la prueba 0.50 mm/mint

Los especímenes fueron adheridos a los bloques metálicos con el uso de un Epóxico⁴¹, el cual asegura la unión entre fibrocemento y metal, según ficha técnica.



FOTOGRAFÍA 6.41. PEGADO DE BLOQUES PARA ENSAYO DE TRACCIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

La implementación de una metodología para realizar este ensayo, requiere de varias pruebas hasta su afinamiento, buscando que los resultados obtenidos sean

⁴¹SIKA, Epóxico de dos componentes SIKADUR 32. www.ecu.sika.com

válidos, en este estudio se pre ensayaron 18 muestras (datos que no han sido tomados en cuenta en los cálculos) antes de lograr resultados óptimos.

5. Cálculos requeridos



- Área (mm²)
- Última fuerza antes de la falla (N)
- Esfuerzo Último (MPa)
- Datos estadísticos para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de desviación

Un parámetro importante para la aceptación de las muestras ensayadas por tracción es la forma de falla y el porcentaje de adherencia visual de la espuma hacia el fibrocemento. La forma de falla puede verificarse en tabla 6.7 y figura 6.2.

En tanto que para evaluar el porcentaje de adherencia, se concibe un método practico. Se divide al espécimen en 25 cuadros, 5 por cada lado; cada cuadro será calificado de acuerdo a un criterio de falla al cual le corresponde un valor determinado. El valor mínimo para su aceptación es del 70% de área de adherencia visual. Esto se indica en la tabla 6.8, figura 6.3 y fotografía 6.42

TABLA 6.7. CÓDIGOS DE FALLA, PARA TRES SITIOS

PRIMER TIPO		SEGUNDO TIPO		TERCER TIPO	
Tipo de falla	Ubicación	Area o zona de falla	Ubicación	Localización Falla	Ubicación
Núcleo de corte	S	Al finalizar el núcleo	A	Superior	T
Interfaz de falla	I	Calibrador (en el núcleo)	G	Medio	M
Detonante	X	Una de las esquinas	C	Fondo	B
Otro	O	Diversos	V	En toda su longitud	E
		Desconocido	U	Diversos	V
				Desconocido	U

FUENTE: Norma ASTM C273/C273M-11, Table 1. Three-Place Failure Mode Codes, Page. 6.

TABLA 6.8. % DE ADHERENCIA POR FALLA PARA TRACCIÓN

Muestra dividida en 25 cuadros (5 cuadros por cada lado)			
TIPO	PORCENTAJE	VALOR C/cuadro	CRITERIO DE FALLA
1	100%	4.0%	Todo cubierto (sobre 2mm)
2	90%	3.6%	Cubierto (1mm)
3	80%	3.2%	Cubierto fibrosa abundante
4	70%	2.8%	Cubierto fibrosa dispersa
5	0%	0.0%	Totalmente limpia

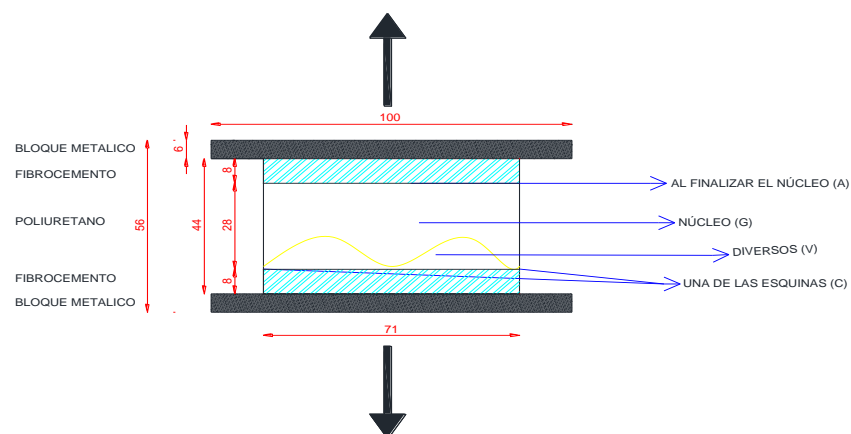
FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012



FOTOGRAFÍA 6.42 .VERIFICACIÓN DE ADHERENCIA, ENSAYO DE TRACCIÓN

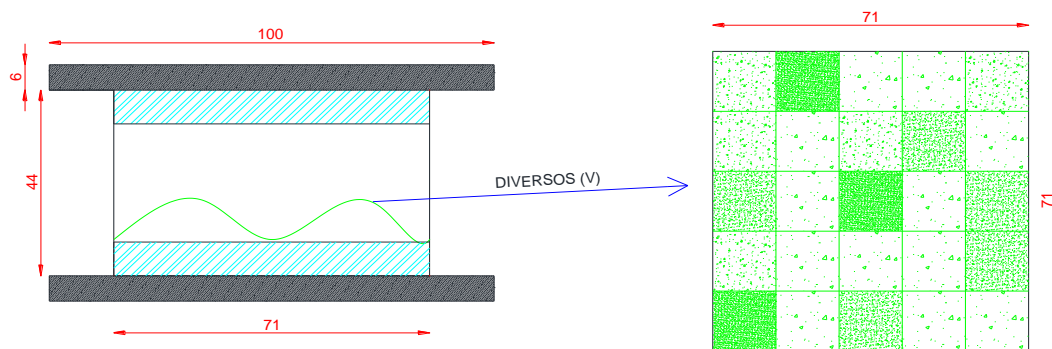
FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

FIGURA 6.2. FORMA DE LAS FALLAS, PARA ENSAYO DE TRACCIÓN



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

FIGURA 6.3. % DE ADHERENCIA POR FALLA, PARA ENSAYO DE TRACCIÓN



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Los valores obtenidos en los ensayos realizados corresponden a diferentes secciones de los paneles en estudio, para verificar la homogeneidad de los mismos. El informe de ensayo correspondiente a esta norma, se encuentra en el anexo 3.4.

6.6. COMPRESIÓN

Norma de referencia

[ASTM C365/C365M-11a Standard Test Method for Flatwise Compressive Properties of Sandwich Cores](#)

ASTM C365/C365M-11a Método de Prueba Estándar para propiedades de compresión de Flatwise⁴² de núcleos Sándwich

OBJETIVO:

- Determinar la resistencia a la compresión y módulos de núcleo de los paneles de Fibropoliuretano.

MÉTODOS USADOS

1. Análisis del objetivo

OBJETIVO

- Es un método estándar para obtener la fuerza de compresión al plano del núcleo sándwich, la deformación puede ser obtenida comparando la fuerza V vs la curva de deformación donde es posible calcular la fuerza de compresión, esfuerzo de compresión, ante cualquier fuerza aplicada y el módulo efectivo del núcleo.

2. Requerimientos para el ensayo

REQUERIMIENTO

- Ambiente controlado que debe ser el mismo para todas las muestras, $\pm 3^{\circ}\text{C}$ temperatura y $\pm 3\%$ humedad relativa
- Probar 5 muestras, que pueden ser cuadradas o circulares de espesor igual al espesor del núcleo sándwich, el área mínima de la muestra 625 mm^2 ó 1 in^2 y máximo de $10\,000\text{ m}^2$. Las muestras deben estar etiquetadas.
- No debe existir variabilidad en la densidad del núcleo, vacíos, discontinuidad y aspereza
- Carga uniforme sobre la superficie de la muestra, para no causar fallas prematuras

⁴² Flatwise: con la cara plana o amplia hacia abajo o en contacto con otra superficie

En el caso de la obtención de especímenes para este ensayo se optó por el mismo procedimiento detallado en el ensayo de tracción, es decir, cortar muestras de 81x81mm (6561 mm²), siguiendo el mismo procedimiento de corte y luego lijar hasta llegar a dimensión especificada. Fotografía 6.39. Para este ensayo se analizaron las siguientes muestras:

TABLA 6.9. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO COMPRESIÓN

N° PANEL	N° MUESTRAS POR PANEL	
1	5	
2	0	
3	0	
4	0	
	5	TOTAL MUESTRAS

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

3. Aparatos o maquinarias necesarias

APARATOS

- Calibrador digital
- Platina plana fija y platina esférica, la fuerza se aplica a la muestra usando éstas.
- Máquina de prueba, con una cabeza fija y una móvil que debe tener una V controlada con relación a la fija. Esta indicará la fuerza total, debe estar libre efecto de inercia, precisión de $\pm 1\%$ del valor indicado
- La máquina debe monitorear y registrar el juego de la cabeza con una precisión de 1%, uso LVDT

4. Procedimiento a seguir

PROCEDIMIENTO

1. Preparar la muestra y almacenarla en un ambiente condicionado (laboratorio) hasta la prueba
2. Realizar la medición de la muestra largo, ancho y espesor
3. La velocidad debe ser tal que la falla se produzca de 3 a 6 min, si la fuerza final no puede ser calculada debe realizarse ensayos hasta obtener resultados la Velc de desplazamiento sugerida 0.50mm/min
4. Marque un rectángulo o un círculo en la parte baja de la platina para ayudar a centrar la muestra entre las platinas. Ubique la muestra en la parte baja de la platina ubicando el LVDT o compresometro
5. Precargue y mueva el actuador de tal forma que las platinas de carga tengan contacto entre el LVDT-compresometro y la muestra y aplique una carga inicial de 45 Newton (10Lbf) encere o balancee el LVDT
6. Aplique una fuerza de compresión a la muestra hasta que se produzca la falla o hasta la medida de LVDT compresometro indique una deflexión igual al 2% del espesor inicial del núcleo
7. Datos: Fuerza Vs desplazamiento de la cabeza, fuerza Vs deflexión indicado por LVDT. Registrarse 100 datos por prueba, registre falla inicial, fuerza máxima, fuerza de falla, desplazamiento de cabeza y deflexión registrada en el LVDT lo más cercano antes de momento de falla, tipo de daño, solo se acepta modo de falla de compresión uniforme si la falla se da por las esquinas o bordes es considerada invalida, los valores para propiedades finales no se calculan de ningún espécimen que se haya roto en algunas fallas
8. Si existe un N° de fallas alto se debe reevaluar la medida de la fuerza aplicada a la muestra.

La norma indica que la carga de compresión debe colocarse en dirección perpendicular a la cara del núcleo tal como se muestra en la fotografía 6.43

Al ser aplicada esta carga en los especímenes no se generó ningún tipo de fractura o deformación, debido a que la espuma de poliuretano se contrajo en algunas partes y se extendió hacia los filos en otras, de tal manera que desapareció el espesor total de la mismas, dejando únicamente las 2 caras de fibrocemento unidas con un espesor mínimo de poliuretano.

El poliuretano actúa como ligante o unión entre las dos capas de fibrocemento, pero al momento de recibir una carga de compresión trabaja como un material elástico. Fotografía 6.43



FOTOGRAFÍA 6.43. ENSAYO DE COMPRESIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

7. Cálculos requeridos

CALCULO

- Área del corte seccional (mm^2)
- Fuerza final antes de la falla (N)
- Esfuerzo de compresión final (MPa)
- Si el 2% de deflexión se alcanza antes del final de la prueba calcule la tensión de compresión al 2% de deflexión
- Módulo de compresión, Tensión de compresión al 2% de deflexión
- Datos estadísticos para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de desviación

Este ensayo será descartado debido a que no generó ningún tipo de información pertinente para la presente investigación.

6.7. CORTE

Norma de referencia

[ASTM C273/C273M-11 Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C273/C273M-11 Método de Prueba Estándar para las propiedades de corte de los materiales básicos Sándwich
(Norma, anexo 5.5)

OBJETIVO:

- Determinar las propiedades de corte de los paneles de Fibropoliuretano.

MÉTODOS USADOS

1. Análisis del objetivo

OBJETIVO

- La prueba no produce corte puro, pero la longitud de la muestra está prevista, de modo que las tensiones secundarias tengan un efecto mínimo. Aproximadas propiedades de cizallamiento también puede obtenerse a partir de un ensayo de flexión sándwich

2. Requerimientos para el ensayo

REQUERIMIENTO

- El ensayo debe realizarse en un ambiente controlado de condiciones normales para todas las muestras
- Mínimo de muestras a probar 5. Muestra de geometría de espesor igual al espesor del panel sándwich, ancho no menor a 50mm y longitud no menor a 12 veces el espesor (340x70x44mm)
- La muestra debe ser uniforme sin variación en densidad y espesor del núcleo, nudos, juntas o discontinuidades.
- El sistema debe estar alineado para que no existan cargas excéntricas que causen fallas prematuras.
- Los platos deben estar pegados a las caras y alineados para que la fuerza pase a través de la diagonal a las esquinas del panel

Para definir el tamaño de la muestra se toma parámetros indicados en la norma:

- Largo, 12 veces el espesor del núcleo. $12 \times 28\text{mm} = 336\text{mm} \rightarrow 340\text{ mm}$
- Ancho, no menor a 50mm $\rightarrow 70\text{mm}$
- Espesor del panel $\pm 44\text{ mm}$



FOTOGRAFÍA 6.44. ESPECÍMENES PARA ENSAYO DE CORTE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Las muestras han sido pegadas con una mezcla epóxica a dos placas metálicas de medidas 420x75mm, que tienen una perforación centrada a los extremos (fotografía 6.44), en el cual se coloca un pasador para unirlo con la mordaza de la máquina universal, pasando la línea de acción de carga por la diagonal a las esquinas del panel tal como solicita la norma, fotografía 6.45

Para este ensayo se analizaron las siguientes muestras:

TABLA 6.10. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO CORTE

Nº PANEL	Nº MUESTRAS POR PANEL	TOTAL MUESTRAS
1	4	
2	5	
3	5	
4	4	
	18	

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012



FOTOGRAFÍA 6.45. MÁQUINA UNIVERSAL PARA ENSAYO DE CORTE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

3. Aparatos o maquinarias necesarias

APARATOS

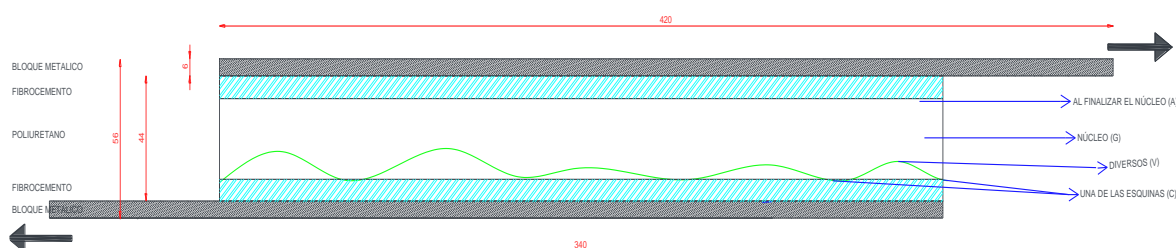
- Calibrador, tolerancia (± 0.001 in) para medición de espesor, longitud y ancho
- Accesorios de prueba, el espécimen está rígidamente soportado por medio de platos metálicos pegados a las caras. El espesor de los platos varía de acuerdo con la resistencia del sandwich, la longitud del plato debe estar alineada para que la línea de acción de la fuerza de tensión o compresión directa pase a través de la diagonal de las esquinas opuestas del panel.
- Carga de tensión, pueden usarse platos de junta universal con pines apertados o pasadores.
- Carga de compresión, los platos de carga deben tener una punta afilada que se asienta, ver figura 3
- Máquina de prueba con 2 cabezas una fija y una móvil, un indicador de fuerza con precisión $\pm 1\%$
- Deflectómetros, Compresómetros medidores de flexión y desplazamiento con precisión al menos $\pm 1\%$

4. Procedimiento a seguir

PROCEDIMIENTO

1. Preparar la muestra (cortar)
2. Medir las condiciones ambientales donde se realiza el ensayo
3. Antes de condicionar y probar medir la longitud, ancho y espesor del espécimen con exactitud del 1%
4. Pegue los especímenes a los platos de carga, recordando que deben estar alineados
5. Siguiendo las condiciones finales del espécimen antes de probar mida longitud y ancho del espécimen
6. La velocidad de prueba debe graduarse para que se produzca la falla de 3 -6 mint, velocidad estándar 0.50mm/mint
7. Instalación del espécimen al plato de carga de la máquina
8. Instalación del medidor de desplazamiento entre los 2 platos de carga, como se ve en figura 1
9. Aplicar fuerza de tensión o compresión al espécimen hasta el rango especificado o hasta la rotura
10. Anotar los desplazamientos de la cabeza vs fuerza y desplazamiento axial vs fuerza, continuamente para este método tome 5 o 10 datos por segundo o por lo mínimo 300 puntos de dato. Si se nota un daño inicial anote la fuerza, desplazamiento y modo de falla en estos puntos. Anote la fuerza última, la fuerza máxima, la fuerza de falla y el desplazamiento en o lo más cerca posible del momento de ruptura.
11. Anotar modo, área y sitio de falla de cada espécimen como en tabla 1. Fallas adhesivas o cohesivas, o ambas, o en fase núcleo cara, cara plato de carga o núcleo plato de carga: no son aceptables y cualquier dato es inválido la falla del núcleo por corte es la única aceptable

FIGURA 6.4. FORMA DE LAS FALLAS, PARA ENSAYO DE CORTE



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Se ensayan muestras del panel conformado, es decir con sus forros de fibrocemento. Fotografía 6.46.

5. Cálculos requeridos

CÁLCU LOS

- Fuerza instantánea sobre el espécimen (N)
- Longitud y ancho del espécimen (mm)
- Esfuerzo de corte del núcleo (MPa)
- Desplazamiento instantáneo entre platos de carga (mm)
- Espesor del núcleo (mm)
- Esfuerzo de corte del núcleo (mm/mm)
- Resistencia a corte del núcleo al 2% (ver 13.3)
- Fuerza final al 2%
- Última fuerza de corte y módulo de corte del núcleo
- Datos estadísticos para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de desviación

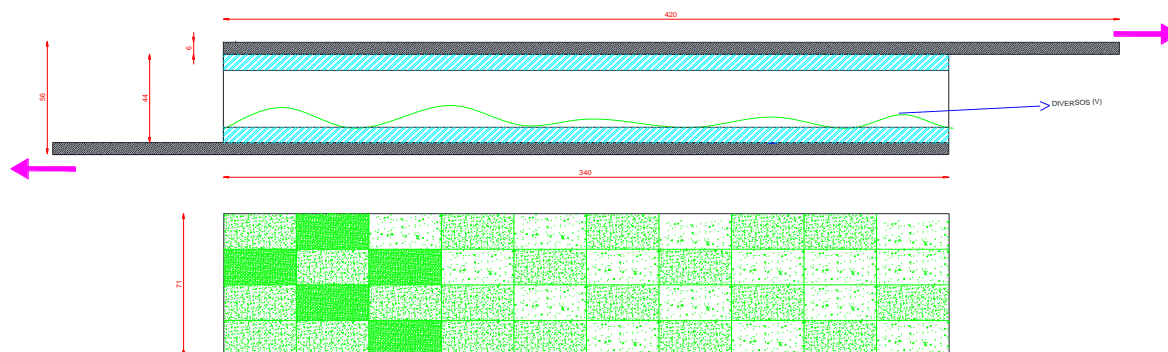
Una medida importante para la aceptación de las muestras ensayadas por corte es la forma de falla y el porcentaje de adherencia visual. La forma de la falla puede verificarse en la tabla 6.7 y figura 6.5. En tanto que para evaluar el porcentaje de falla se retoma el procedimiento utilizado en el ensayo de tracción, se divide al espécimen en 40 cuadros, cada cuadro será calificado de acuerdo a un criterio de falla al cual le corresponde un valor determinado. El valor mínimo para su aceptación es del 70% de área de adherencia visual, esto se indica en la tabla 6.11, y se puede verificar en la figura 6.5 y fotografía 6.46

TABLA 6.11. % DE ADHERENCIA POR FALLA PARA CORTE

Muestra dividida en 40 cuadros (4 de ancho x 10 de largo)			
TIPO	PORCENTAJE	VALOR C/cuadro	CRITERIO DE FALLA
1	100%	2.50%	Todo cubierto (sobre 2mm)
2	90%	2.25%	Cubierto (1mm)
3	80%	2.00%	Cubierto fibrosa abundante
4	70%	1.75%	Cubierta fibrosa dispersa
5	0%	0.00%	Totalmente limpia

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 201

FIGURA 6.5. % DE ADHERENCIA POR FALLA, PARA ENSAYO DE CORTE



FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012



FOTOGRAFÍA 6.46 .VERIFICACIÓN DE ADHERENCIA, ENSAYO DE CORTE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

La falla por corte se produce cuando la muestra se separa, tal como se indica en la fotografía 6.47.



FOTOGRAFÍA 6.47. ENSAYO DE CORTE

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Los valores obtenidos en los ensayos realizados corresponden a diferentes secciones de los paneles en estudio. El informe de ensayo correspondiente a esta norma, se encuentra en el anexo 6.5.

6.8. FLEXIÓN

Para el análisis de flexión se toma en cuenta dos normas de referencia:

6.8.1. FLEXIÓN – VIGA

Norma de referencia

[ASTM D7250/D7250M-06 \(2012\) Standard Practice for Determining Sandwich Beam Flexural and Shear Stiffness](#)

ASTM D7250/D7250M-06 (2012) Práctica estándar para la determinación del haz a flexión y rigidez a cortante del Sándwich.
(Norma, anexo 5.6)

OBJETIVO:

- Determinar la rigidez a flexión de los paneles de Fibropoliuretano.

MÉTODOS USADOS

1. Análisis del objetivo

OBJETIVO

- Pruebas de flexión en construcciones planas sándwich, pueden conducir a la determinación de la resistencia a flexión sándwich, la resistencia al corte del núcleo y módulo de corte, o la resistencia a compresión y tensión de las caras del panel. Pruebas para evaluar la resistencia al corte del núcleo también pueden ser usadas para evaluar la fase adhesiva núcleo-caras del panel. La fuerza de cizallamiento puede usarse también para evaluar núcleo a caras

2. Requerimientos para el ensayo

REQUERIMIENTOS

- Las pruebas pueden llevarse a cabo en especímenes largos y cortos, cargados de diferentes formas dándonos la deflexión, en tanto que la rigidez por flexión, cizallamiento se determinan por solución simultánea de las ecuaciones de deflexión completas de cada tramo y cada carga.
- Si los valores del módulo de flexión son conocidos se pueden probar para un corto período y la desviación de flexión calculada se resta de la desviación total de la viga
- La resistencia y el módulo de cizallamiento se determinan con la norma C273.
- El espécimen no debe tener juntas, vacíos, discontinuidad, curvas fuera del plano, o superficie rugosa
- El ensayo debe ser realizado en un ambiente controlado de condiciones normales
- Mínimo de muestras 5, 800x80x44mm, 200x80x44mm.
- Se recomienda para una configuración de carga un espécimen y soporte corto y para otra configuración un espécimen y soporte largo, para obtener datos de fuerza deflexión por corte y por flexión.
- Configuración de la carga conociendo el módulo de las caras (vigas sándwich con caras idénticas)
- Usar las configuraciones de carga de acuerdo a figura 1, se debe manejar cada condición de carga sobre cada espécimen de carga, aplicando la fuerza para todos, la última condición de carga debe ser lenta para evitar la falla y tener deformaciones permanentes en el espécimen

El tamaño de muestra que dicta la norma para este ensayo, será de especímenes largos, para una correcta aplicación de la teoría de viga flexión.

Para definir el tamaño de la muestra se toma los parámetros que indica la norma:

- Largo: Debe ser mayor en 50mm a la longitud del plano de prueba. Para asegurar que la teoría de viga simple sándwich sea válida para un ensayo a flexión en cuatro puntos, se debe verificar que la longitud del tramo dividido para el espesor del núcleo sea mayor a 20, $810/\pm 44 = 19 \rightarrow 800\text{mm}$
- Ancho: No debe ser menor a 2 veces el espesor del núcleo $2 \times 44 = 88\text{mm}$, ni mayor a la mitad del largo del panel $800/2 = 400\text{mm} \rightarrow \pm 80\text{mm}$
- Espesor igual al del panel $\rightarrow \pm 44\text{mm}$



FOTOGRAFÍA 6.48. ESPÉCIMEN PARA ENSAYO DE VIGA FLEXIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

Para este ensayo se analizaron las siguientes muestras:

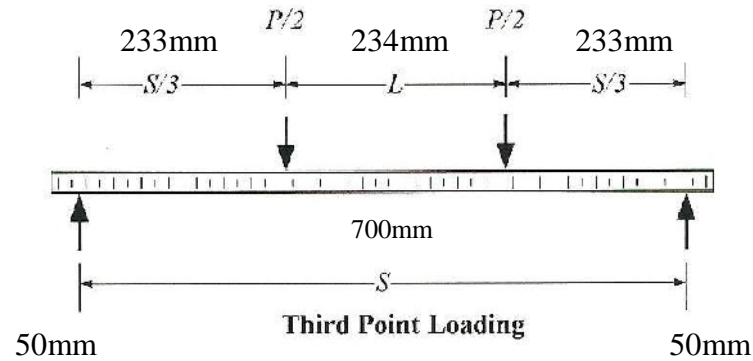
TABLA 6.12. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO FLEXIÓN-VIGA

N° PANEL	N° MUESTRAS POR PANEL	TOTAL MUESTRAS
1	5	
2	5	
3	5	
4	4	
	19	

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

La configuración de carga para este ensayo será aplicada en los tercios medios, las distancias entre cada punto se describe en la figura 6.6 y fotografía 6.48 en la cual se indica el trazado a realizar en cada m previo a ser colocado en la máquina universal. Siendo esta una guía para la ubicación de las cargas de acuerdo a las distancias indicadas y obtener los resultados requeridos. La configuración indicada, instalada en laboratorio se verificar en fotografía 6.49

FIGURA 6.6. CONFIGURACIÓN DE CARGA, PARA ENSAYO DE VIGA FLEXIÓN



FUENTE: NORMA ASTM D7250 /D7250M -06 (2012), Fig. 1. Loading Configurations Pág. 3.



FOTOGRAFÍA 6.49. CARGAS, ENSAYO DE VIGA FLEXIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

3. Aparatos o maquinarias necesarias

APARATOS

- Curvas esfuerzo-deformación para cada uno de los especímenes usando un traductor, deflectómetro, o medidor de reloj para medir la deflexión en la mitad del tramo de prueba. Se calcularán valores de resistencia, para niveles de fuerza bajo o sobre el punto de inicio de falla del espécimen, o bajo el punto donde el espécimen exhibe obvia deflexión no lineal por estar fuera de límites de deflexión. Repetir la prueba para cada espécimen que no cumple
- Uso de ecuaciones para fuerza-deflexión lineal para las caras (si no es lineal no está al alcance de esta prueba)
- Validar la fuerza desplazamiento lineal determinando el punto máximo de la curva fuerza-desplazamiento. Figura 2

Para la obtención de las lecturas de deformación de la viga se utiliza un deflectómetro el mismo que tiene su punta móvil bajo un soporte metálico ubicado en el centro del eje neutro de la muestra que sirve como indicador para marcar la deformación que se produce para cada carga. Fotografía 6.50.



FOTOGRAFÍA 6.50. DEFLECTÓMETRO PARA ENSAYO DE VIGA FLEXIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

4. Procedimiento a seguir

PROCEDIMIENTO

- A. Preparar las muestras (cortar)
- B. Medir las condiciones ambientales donde se realiza el ensayo
- C. Escoger el tipo carga que será aplicado para cada espécimen en cada ensayo.
- D. Verificar los resultados de las pruebas de acuerdo a la configuración de carga:
- D1. Para 2 Configuraciones de carga usando el mismo # de especímenes, se calcula para cada espécimen rigidez por flexión, corte y módulo de corte del núcleo para una serie de fuerzas aplicadas en la configuración de cargas debe haber un mínimo de 10 fuerzas espaciadas a lo largo del rango de fuerzas, calcular el promedio de los valores estadísticos de la rigidez a flexión, corte y módulo de corte del núcleo usando los valores calculados en cada nivel de fuerza para cada espécimen, el resultado es una serie de valores de rigidez en función de los niveles de fuerza, si la respuesta es lineal calcular el promedio final de la rigidez por F, C y m de C del núcleo.
- D2. Para 2 o 3 configuraciones de carga en el mismo # de especímenes, calcular la rigidez por F, C y m de C del núcleo para cada uno de los pares de carga de la serie de fuerzas aplicadas en los estados de carga considerados debe ser calculado un mínimo de 10 niveles sobre el rango de fuerzas, calcular el promedio de los valores estadísticos de la rigidez a F, C y m de C del núcleo usando los valores calculados en cada nivel de fuerza para cada espécimen, el resultado es una serie de valores de rigidez en función de los niveles de fuerza, si la respuesta es lineal calcular el promedio final de la rigidez por F, C y m de C del núcleo.
- D3. Para 2 configuraciones de carga en \neq especímenes de prueba, la curva fuerza-desplazamiento debe ser calculada para cada estado de carga y su valor de desplazamiento para los 2 especímenes con la misma fuerza.
- D4. Para 3 o mas configuraciones de carga en \neq especímenes de prueba (use D2 ó D3)

De este ensayo se obtiene datos de deformación por cada carga aplicada, hasta la rotura del elemento. Fotografía 6.51



FOTOGRAFÍA 6.51. ROTURA DE ESPÉCIMEN, ENSAYO DE VIGA FLEXIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

5. Cálculos requeridos

CALCULO

- Calcular la rigidez a flexión y módulo de corte del núcleo.
- La deflexión en la mitad del tramo de la viga con idénticas caras en flexión se calcula con la ecuación 1.
- Para 2 estados de carga, el módulo de corte del núcleo G , puede ser calculado usando la ecuación 2
- Para estado de carga de 4 puntos con carga a los tercios medios usar ecuación 3 y 4, proceso D1
- Para configuración de carga a los tercios medios se calcula con la ecuación 5, 6, proceso D1
- Para configuración de carga a los tercios y cuartos medios se calcula con la ecuación 7, 8, proceso D1
- Para configuración de carga a los tercios y cuartos medios se calcula con la ecuación 7, 8,9,10 proceso D1
- Para configuración de cuartos a los extremos y cuartos medios se calcula con la ecuación 11,12 proceso D1
- Para configuración de carga a los cuartos medios se calcula con la ecuación 13,14,15,16 proceso D1
- Datos estadísticos para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de desviación

El informe de ensayo correspondiente a esta norma, se encuentra en el anexo 6.6

6.8.2. FLEXIÓN.

Norma de referencia

[ASTM C551-07 Standard Specification for Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels](#)

ASTM C551-07 Especificación estándar para la Fibra de asbesto-cemento en paneles aislantes.

(Norma, anexo 5.7)

OBJETIVO:

- Determinar el promedio de carga de rotura por flexión de Paneles Fibropoliuretano.

MÉTODOS USADOS

1. Análisis del objetivo

OBJETIVO

- Esta especificación cubre a dos hojas o paneles de amianto-cemento que están unidos a un núcleo de material aislante, formando esta unión un panel sándwich.
- El propósito de esta especificación es, encontrar el promedio de carga de rompimiento, en N o (lb-f) de especímenes probados y secados bajo la especificación, cargados como vigas simples con la carga aplicada igual y simultáneamente en los tercios medios de la longitud.

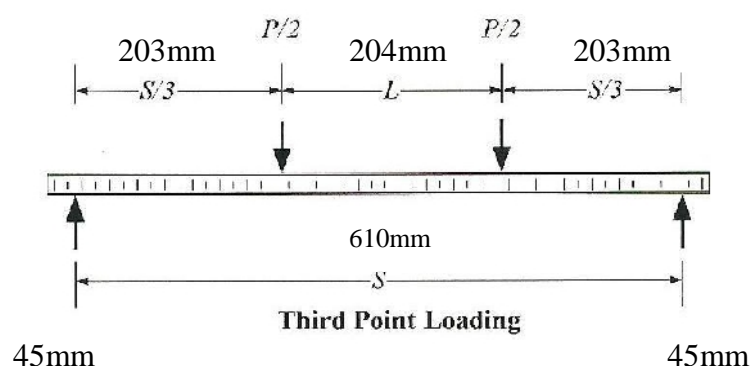
2. Requerimientos para el ensayo

REQUERIMIENTO

- El ensayo debe ser realizado en un ambiente controlado y de condiciones normales, que debe ser el mismo para todas las muestras.
- La fuerza que se le aplica se encuentra en los tercios medios del plano del espécimen, la resistencia a la flexión puede darnos el promedio de corte por carga, obtenido por la carga equitativa y simultáneamente aplicada (a los tercios medios) la misma que no será menor que lo mostrado en la tabla 1
- Mínimo de muestras a probar 2
- Muestra de geometría de 700x300mm, la dimensión larga debe ser paralela a la dimensión larga del panel
- Muestra plana y paralela, sin curvaturas, juntas, nudos, discontinuidades y rugosidades.
- Determine la solidez natural a flexión de cada espécimen ubicándolos sobre soportes que no empleen restricción longitudinal soportes de bordes redondeados o cilindros de 3mm mínimo y 13mm de radio máximo aplicando cargas iguales y simultáneamente a los tercios medios de la longitud a través de similares portadores de bordes que no frenen a cualquier superficie del espécimen. La longitud de prueba será 610mm (± 1.6 mm) y la línea de carga y soporte será paralela.

Los especímenes en estudio tienen las dimensiones indicadas en la norma: 700x300mm con un espesor de ± 44 mm. La configuración de las cargas está dada en los tercios medios, con las distancias indicadas en la figura 6.7. Los aparatos que se utilizan para simular las cargas se indican en la fotografía 6.52.

FIGURA 6.7. CONFIGURACIÓN DE CARGA, PARA ENSAYO DE FLEXIÓN





FOTOGRAFÍA 6.52. EQUIPO PARA CARGAS, ENSAYO DE FLEXIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

3. Aparatos o maquinarias necesarias

APARATOS

- Horno para secado ó aclimatamiento.
- Calibrador
- Soportes de Máquina Universal



FOTOGRAFÍA 6.53. MÁQUINA UNIVERSAL PARA ENSAYO DE FLEXIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

4. Procedimiento a seguir

PROCEDIMIENTO

- A.** Preparar la muestra (cortar)
- B.** Secar la muestra en el horno por 24 horas en un horno ventilado a una temperatura 70°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$)
- C.** Enfríe a la temperatura del laboratorio y medir las condiciones ambientales del lugar
- D.** Coloque la muestra sobre los soportes de bordes , recordando que la fuerza a aplicarse será paralela
- E.** Incremente la carga aplicada en medida uniforme para producir una falla del espécimen en 1 a 2 min. El posible error en la lectura de carga no excederá 1% de la carga máxima. Reporte como la solidez a flexión y el promedio de rompimiento de carga en N (lb/f) para los especímenes probados
- F.** Registre los datos para compararlo con la tabla 1

Para este ensayo los especímenes deben ser sometidos a un aclimatamiento previo a 70°C por 24 horas. A continuación deben ser colocados en la maquina universal para ser ensayados (fotografía 6.52) y llegar a la rotura (fotografía 6.53)



FOTOGRAFÍA 6.54. ROTURA DE ESPECÍMENES DE FLEXIÓN

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

5. Cálculos requeridos

CÁLCULOS

- Largo (cm)
- Ancho (cm),
- Espesor (cm)
- Carga de ruptura (N)
- Datos estadísticos para obtener la media, desviación estándar y coeficiente de desviación, para comparar con la tabla 1

Para este ensayo se analizaron las siguientes muestras:

TABLA 6.13. NÚMERO DE ESPECIMENES – ENSAYO FLEXIÓN

Nº PANEL	Nº MUESTRAS POR PANEL	
1	6	
2	5	
3	5	
4	5	
	21	TOTAL MUESTRAS

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Julio 2012

El informe de ensayo correspondiente a esta norma, se encuentra en anexo 6.7

CAPÍTULO VII

7. RESULTADOS

En la presente investigación se ha realizado el ensayo de 4 paneles con el fin de encontrar propiedades físicas y mecánicas de los mismos, 3 fueron ensayados en condiciones normales y el 4to se ensayó luego de haberse llevado a un proceso de envejecimiento simulado en laboratorio.

TABLA 7.1. UBICACIÓN DE ESPECÍMENES POR PANEL

TIPO DE ENSAYO	N° MUESTRA		LUGAR DE EXTRACCIÓN DEL PANEL*
C271 DENSIDAD	1		EIS
	2		CN
	3		EDC
	4		CB
	5		EDS
C272 ABSORCIÓN	1	1	EIS
	2	2	HH
	3	3	EDC
	4		EC
C297 TRACCIÓN	1		EDC
	2		CB
	3		EIS
	4		CB
	5		EC
	6		HDS
	7		EDC
C273 CORTE	1		EIB
	2		HC
	3		CN
	4		EC
	5		HS
D7250 VIGA FLEXIÓN	1		EC
	2		CB
	3		CS
	4		CN
	5		CN
D551 FLEXIÓN	1		HC
	2		EDB
	3		CS
	4		EIS
	5		EIB
	6		EDS

* **NOTA:** PARA LA DENOMINACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN, REFERIRSE FIGURAS 3.14 Y 3.15

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

Al ser la verificación de la homogeneidad el primer objetivo de la presente investigación, En la metodología se indicó que las probetas normalizadas para todos los ensayos fueron extraídas de diferentes sectores significativos del panel, las muestras extraídas en número y distribución, se ajustan a estos propósitos según la tabla 7.1 y figuras 5.10 y 5.11.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos a los cuales fueron sometidos cada panel, valores que serán usados para concluir posteriormente el presente proyecto.

7.1. RESULTADOS PANEL N° 1

Fecha de fabricación del panel: 2012-07-06

Número o lote de muestra: Ensayo 19, muestra 01

Pruebas realizadas en el panel: (Tabla 5.5)

El cálculo detallado de todos los resultados obtenidos en los ensayos de este panel se encuentra en anexo 7.1. En este análisis sólo se exponen los valores válidos de cada ensayo.

7.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS

7.1.1.1. Densidad

Norma de referencia

[ASTM C271/C271M-11 Standard Test Method for Density of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C271/C271M-11 Método de prueba estándar para determinar la densidad del núcleo, en materiales sándwich.

Debido a una posible inestabilidad volumétrica en tiempo posterior a la fabricación del panel, se decidió determinar la densidad según los requerimientos de la normativa señalada, a 20 días de su fabricación y luego de 12 días de haber realizado el primer ensayo, esta particularidad se mencionó en el subcapítulo 6.2.

TABLA 7.2. DENSIDAD (1ER ENSAYO). PANEL N° 1

1ER ENSAYO

VALORES	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO
VALOR MÀXIMO	517.33	500.64
VALOR MÌNIMO	499.79	484.63
PROMEDIO	509.14	493.80
DESVIACIÓN. ESTD	6.61	6.03
COEF DESVIACIÓN	1.30%	1.22%
Numero de muestras ensayadas		5
Distribucion en el panel		Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

En condiciones iniciales, en el primer ensayo antes del aclimatamiento se obtienen los siguientes valores:

- Valor promedio de la densidad 509.14 Kg/m³.
- Desviación estándar de 6.61
- Coeficiente de desviación de 1.30%.

Y después del aclimatamiento:

- Valor promedio de la densidad 493.80 Kg/m³
- Desviación estándar de 6.03
- Coeficiente de desviación de 1.22%.

TABLA 7.3. DENSIDAD (2DO PANEL). PANEL N°1

2DO ENSAYO

VALORES	DENSIDAD (Kg/m ³)	
	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUÉS DEL ACLIMATAMIENTO
VALOR MÁXIMO	491.86	491.81
VALOR MÌNIMO	482.67	482.62
PROMEDIO	487.68	487.21
DESVIACIÓN. ESTD	4.12	3.85
COEF DESVIACIÓN	0.84%	0.79%
Numero de muestras ensayadas		5
Distribucion en el panel		Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 201

En la segunda prueba se obtienen los siguientes datos: antes del aclimatamiento

- Valor promedio de densidad de 487.68 kg/m³

- Desviación estándar de 4.12
- Coeficiente de variación de 0.84%.

Y después del aclimatamiento:

- Valor promedio de la densidad es de 487.21 Kg/m³
- Desviación estándar de 3.85
- Coeficiente de desviación de 0.79%.

La diferencia entre densidades antes y después del aclimatamiento disminuye notablemente en el 2do ensayo, dando valores de 487.68 Kg/m³ y 487.21 Kg/m³ respectivamente, produciendo una diferencia de 0.47 Kg/m³, una pérdida de 0.09%, concluyendo que el material se estabiliza después de haber sido sometido a un proceso de aclimatamiento anterior.

7.1.1.2. Absorción

Norma de referencia

[ASTM C272-01\(2012\) Standard Test Method for Water Absorption of Core Materials for Structural Sandwich Constructions](#)

ASTM C272-01 (2012) Método de prueba estándar para la absorción de agua de los materiales básicos para construcciones de Sándwich

TABLA 7.4. ABSORCIÓN. PANEL N°1

VALORES	ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)	
	TIPO DE MUESTRA	
	SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO
VALOR MÁXIMO	0.020	0.132
VALOR MÍNIMO	0.011	0.130
PROMEDIO	0.016	0.131
DESVIACIÓN. ESTD	0.005	0.001
COEF DESVIACIÓN	28.45%	1.00%

Numero de muestras ensayadas	7
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en la determinación de absorción de agua en los paneles se indica

De las muestras ensayadas únicamente con el núcleo se obtiene:

- Valor promedio de absorción de 0.016gr/cm³
- Desviación estándar de 0.005
- Coeficiente de desviación de 28.45%. Indicando estos valores, una inestabilidad del núcleo ante la absorción de agua

Mientras que en las pruebas ensayadas a cuerpo completo se obtienen datos mucho más estables:

- Valor promedio de absorción de 0.131 gr/cm³
- Desviación estándar 0.001
- Coeficiente de desviación 1.0%

Se concluye que bajo las mismas condiciones y procedimientos de ensayo, en la prueba realizado a cuerpo completo se observa una menor desviación y coeficiente de desviación, debido a que las placas de fibrocemento funcionan como un sello protector que aísla el efecto que pudiere tener la absorción de agua, sobre el núcleo de poliuretano.

7.1.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

7.1.2.1. Tracción

Norma de referencia

[ASTM C297/C297M-04\(2010\) Standard Test Method for Flatwise Tensile Strength of Sandwich Constructions](#)

ASTM C297/C297M-04 (2010) Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción Flatwise de Construcciones Sándwich

TABLA 7.5 TRACCIÓN. PANEL N°1

VALORES	TRACCIÓN
	ESFUERZO ÚLTIMO (MPa)
VALOR MÁXIMO	0.11
VALOR MÍNIMO	0.08
PROMEDIO	0.09
DESVIACIÓN. ESTD	0.02
COEF DESVIACIÓN	16.37%

Numero de muestras ensayadas	6
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio se observa:

- Valor promedio de Esfuerzo último a la tracción de 0.092 MPa.
- Desviación estándar de 0.015
- Coeficiente de desviación de 16.37%

7.1.2.2. Corte

Norma de referencia:

[ASTM C273/C273M-11 Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C273/C273M-11 Método de Prueba Estándar para las propiedades de corte de los materiales básicos Sándwich

TABLA 7.6. CORTE. PANEL N°1

VALORES	CORTE
	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)
VALOR MÁXIMO	0.10
VALOR MÍNIMO	0.08
PROMEDIO	0.09
DESVIACIÓN. ESTD	0.01
COEF DESVIACIÓN	14.76%

Numero de muestras ensayadas	4
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio se observa:

- Promedio de esfuerzo final de corte 0.094 MPa.
- Desviación estándar de 0.014
- Coeficiente de desviación de 14.76%

7.1.2.3. Flexión – viga

Norma de referencia:

[ASTM D7250/D7250M-06 \(2012\) Standard Practice for Determining Sandwich Beam Flexural and Shear Stiffness](#)

ASTM D7250/D7250M-06 (2012) Práctica estándar para la determinación del haz a flexión y rigidez a cortante del Sándwich.

TABLA 7.7. FLEXIÓN - VIGA. PANEL N°1

VALORES	FLEXIÓN VIGA ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)
VALOR MÁXIMO	4.80
VALOR MÍNIMO	4.55
PROMEDIO	4.64
DESVIACIÓN. ESTD	0.12
COEF DESVIACIÓN	2.68%

Numero de muestras ensayadas	5
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados se observa:

- Promedio de Esfuerzo a Flexión es de 4.64 MPa
- Desviación estándar es de 0.12
- Coeficiente de desviación es de 2.68%

7.1.2.4. Flexión

Norma de referencia:

[ASTM C551-07 Standard Specification for Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels](#)

ASTM C551-07 Especificación estándar para la Fibra de asbesto-cemento en paneles aislantes

TABLA 7.8. FLEXIÓN. PANEL N°1

VALORES	FLEXIÓN
	CARGA DE ROTURA (N)
VALOR MÁXIMO	3888.0
VALOR MÍNIMO	3497.7
PROMEDIO	3658.7
DESVIACIÓN. ESTD	167.0
COEF DESVIACIÓN	4.56%

Numero de muestras ensayadas	6
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio se observa:

- Promedio de carga de rotura es de 3658.7 N
- Desviación estándar de 167N
- Coeficiente de desviación de 4.56%

7.1.3. RESUMEN PANEL N°1

TABLA 7.9. RESUMEN ENSAYOS. PANEL N°1

PANEL 1

VALORES	PROPIEDADES FÍSICAS				PROPIEDADES MECÁNICAS			
	DENSIDAD (Kg/m ³)		ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)		TRACCIÓN	CORTE	FLEXIÓN VIGA	FLEXIÓN
	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO	TIPO DE MUESTRA		ESFUERZO ÚLTIMO (MPa)	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)	CARGA DE ROTURA (N)
			SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO				
VALOR MÁXIMO	517.33	500.64	0.020	0.132	0.11	0.10	4.80	3888.0
VALOR MÍNIMO	499.79	484.63	0.011	0.130	0.08	0.08	4.55	3497.7
PROMEDIO	509.14	493.80	0.016	0.131	0.09	0.09	4.64	3658.7
DESVIACIÓN. ESTD	6.61	6.03	0.005	0.001	0.02	0.01	0.12	167.0
COEF DESVIACIÓN	1.30%	1.22%	28.45%	1.00%	16.37%	14.76%	2.68%	4.56%

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- Los resultados de la tabla 7.9, corresponden al resumen de los diferentes ensayos realizados en las probetas extraídas de diferentes zonas del panel N°1.

7.2. RESULTADOS PANEL N° 2

Fecha de fabricación del panel: 2012-07-31

Número o lote de muestra: Ensayo 20, muestra 02

Pruebas realizadas en el panel: (Tabla 5.6)

El cálculo de todos los resultados obtenidos de los ensayos de este panel se puede verificar en anexo 7.2. En este análisis solo se exponen los valores aprobados en cada ensayo.

7.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

7.2.1.1. Densidad

Norma de referencia

[ASTM C271/C271M-11 Standard Test Method for Density of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C271/C271M-11 Método de prueba estándar para determinar la densidad del núcleo, en materiales sándwich.

TABLA 7.10. DENSIDAD. PANEL N°2

VALORES	DENSIDAD (Kg/m ³)	
	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO
VALOR MÁXIMO	524.65	524.46
VALOR MÍNIMO	500.98	500.11
VALOR PROMEDIO	514.66	513.49
DESVIACIÓN. ESTD	10.12	10.30
COEF DESVIACIÓN	1.97%	2.01%
Numero de muestras ensayadas		4
Distribucion en el panel		Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio en el segundo panel antes del aclimatamiento, se observa:

- El valor promedio de la densidad es de 514.66 Kg/m³
- Desviación estándar de 10.12

- Coeficiente de desviación de 1.97%

Luego de realizado el aclimatamiento se obtiene:

- Valor de densidad promedio de 513.49 Kg/m³
- Desviación estándar de 10.30
- Coeficiente de desviación de 2.01%

7.2.1.2. Absorción

Norma de referencia

[ASTM C272-01\(2012\) Standard Test Method for Water Absorption of Core Materials for Structural Sandwich Constructions](#)

ASTM C272-01 (2012) Método de prueba estándar para la absorción de agua de los materiales básicos para construcciones de Sándwich

TABLA 7.11. ABSORCIÓN. PANEL N°2

VALORES	ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)	
	TIPO DE MUESTRA	
	SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO
VALOR MÁXIMO	0.030	0.134
VALOR MÍNIMO	0.017	0.131
PROMEDIO	0.025	0.133
DESVIACIÓN. ESTD	0.005	0.002
COEF DESVIACIÓN	21.61%	1.25%
Numero de muestras ensayadas 7		
Distribucion en el panel Tabla 7.1		

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- De los resultados obtenidos en los ensayos realizados al panel N°2 se observa que al realizar el ensayo solamente sobre el núcleo se repite la tendencia de los ensayos realizados en el panel 1, es decir un valor de desviación estándar del 0.005 y un valor de coeficiente de desviación de 21.61%
- De la misma manera los valores obtenidos al realizar los ensayos a cuerpo completo generan un valor de desviación estándar de 0.002 y un coeficiente de variación de 1.25%, por tanto se observa nuevamente que las placas de fibrocemento brindan protección al núcleo a absorción de agua.

7.2.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

7.2.2.1. Tracción.

Norma de referencia

[ASTM C297/C297M-04\(2010\) Standard Test Method for Flatwise Tensile Strength of Sandwich Constructions](#)

ASTM C297/C297M-04 (2010) Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción Flatwise de Construcciones Sándwich

TABLA 7.12. TRACCIÓN. PANEL N°2

VALORES	TRACCIÓN
	ESFUERZO ÚLTIMO (MPa)
VALOR MÁXIMO	0.11
VALOR MÍNIMO	0.07
PROMEDIO	0.09
DESVIACIÓN. ESTD	0.01
COEF DESVIACIÓN	15.71%

Numero de muestras ensayadas	5
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos a tracción realizados en laboratorio en el panel N°2 se observa que:

- El valor promedio del esfuerzo último a tracción es de 0.093 MPa
- Desviación estándar de 0.015
- Coeficiente de desviación de 15.71%

7.2.2.2. Corte

Norma de referencia:

[ASTM C273/C273M-11 Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C273/C273M-11 Método de Prueba Estándar para las propiedades de corte de los materiales básicos Sándwich

TABLA 7.13. CORTE. PANEL N°2

VALORES	CORTE
	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)
VALOR MÀXIMO	0.08
VALOR MÌNIMO	0.07
PROMEDIO	0.07
DESVIACIÓN. ESTD	0.01
COEF DESVIACIÓN	9.57%

Numero de muestras ensayadas	5
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos realizados a cortante en laboratorio al panel N°2 se observa que:

- El valor promedio de esfuerzo cortante, es de 0.073MPa
- Desviación estándar de 0.007
- Coeficiente de desviación de 9.57%.

7.2.2.3. Flexión –viga

Norma de referencia:

[ASTM D7250/D7250M-06 \(2012\) Standard Practice for Determining Sandwich Beam Flexural and Shear Stiffness](#)

ASTM D7250/D7250M-06 (2012) Práctica estándar para la determinación del haz a flexión y rigidez a cortante del Sándwich.

TABLA 7.14. FLEXIÓN - VIGA. PANEL N°2

VALORES	FLEXIÓN VIGA
	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)
VALOR MÀXIMO	4.71
VALOR MÌNIMO	4.07
PROMEDIO	4.38
DESVIACIÓN. ESTD	0.29
COEF DESVIACIÓN	6.61%

Numero de muestras ensayadas	5
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados de los ensayos realizados a flexión (viga) en laboratorio al panel N°2 se observa

- El valor promedio de esfuerzo a flexión es de 4.38 MPa
- Desviación estándar de 0.29
- Coeficiente de desviación de 6.61%.

7.2.2.4. Flexión

Norma de referencia:

[ASTM C551-07 Standard Specification for Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels](#)
 ASTM C551-07 Especificación estándar para paneles aislantes de Fibra y asbesto-cemento

TABLA 7.15. FLEXIÓN. PANEL N° 2

VALORES	FLEXIÓN
	CARGA DE ROTURA (N)
VALOR MÀXIMO	3307.2
VALOR MÌNIMO	3070.7
PROMEDIO	3144.7
DESVIACIÓN. ESTD	110.7
COEF DESVIACIÓN	3.52%

Numero de muestras ensayadas	5
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos de los ensayos a flexión (panel) en laboratorio al panel N°2 se observa:

- El promedio de carga de rotura a flexión es de 3144.7 néwtones, con una desviación estándar de 110.7 y un coeficiente de variación de 3.25%

7.2.3. RESUMEN PANEL N°2

TABLA 7.16. RESUMEN ENSAYOS. PANEL N°2

PANEL 2

VALORES	PROPIEDADES FÍSICAS				PROPIEDADES MECÁNICAS			
	DENSIDAD (Kg/m ³)		ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)		TRACCIÓN	CORTE	FLEXIÓN VIGA	FLEXIÓN
	ANTES DEL ACLIAMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIAMATAMIENTO	TIPO DE MUESTRA		ESFUERZO ÚLTIMO (MPa)	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)	CARGA DE ROTURA (N)
			SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO				
VALOR MÁXIMO	524.65	524.46	0.030	0.134	0.11	0.08	4.71	3307.2
VALOR MÍNIMO	500.98	500.11	0.017	0.131	0.07	0.07	4.07	3070.7
VALOR PROMEDIO	514.66	513.49	0.025	0.133	0.09	0.07	4.38	3144.7
DESVIACIÓN. ESTD	10.12	10.30	0.005	0.002	0.01	0.01	0.29	110.7
COEF DESVIACIÓN	1.97%	2.01%	21.61%	1.25%	15.71%	9.57%	6.61%	3.52%

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- Los resultados de la tabla 7.16, corresponden al resumen de los diferentes ensayos realizados en las probetas extraídas de diferentes zonas del panel N°2.

7.3. RESULTADOS PANEL N° 3

Fecha de fabricación del panel: 2012-07-31

Número o lote de muestra: Ensayo 20, muestra 03

Pruebas realizadas en el panel: (Ver tabla 5.7)

El cálculo de todos los resultados obtenidos de los ensayos de este panel se puede verificar en anexo 7.3. En este análisis sólo se expone los valores aprobados de cada ensayo.

7.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS

7.3.1.1. Densidad

Norma de referencia

[ASTM C271/C271M-11 Standard Test Method for Density of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C271/C271M-11 Método de prueba estándar para determinar la densidad del núcleo, en materiales sándwich.

TABLA 7.17. DENSIDAD. PANEL N° 3

VALORES	DENSIDAD (Kg/m ³)	
	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO
VALOR MÀXIMO	533.84	531.87
VALOR MÌNIMO	500.33	497.17
VALOR PROMEDIO	523.42	519.92
DESVIACIÓN. ESTD	15.71	15.71
COEF DESVIACIÓN	3.00%	3.02%
Numero de muestras ensayadas		4
Distribucion en el panel		Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio en el tercer panel se observa:

- Promedio de la densidad antes del aclimatamiento es de 523.42 Kg/m³
- Desviación estándar de 15.71
- Coeficiente de desviación de 3.0%

Luego de realizado el aclimatamiento se obtiene un valor de densidad de 519.92Kg/m³ arrojando una pequeña diferencia, una desviación estándar de 15.71 y con un coeficiente de variación de 3.02% observándose que los valores son semejantes.

7.3.1.2. Absorción.

Norma de referencia

[ASTM C272-01\(2012\) Standard Test Method for Water Absorption of Core Materials for Structural Sandwich Constructions](#)

ASTM C272-01 (2012) Método de prueba estándar para la absorción de agua de los materiales básicos para construcciones de Sándwich

TABLA 7.18. ABSORCIÓN. PANEL N° 3

VALORES	ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)	
	TIPO DE MUESTRA	
	SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO
VALOR MÁXIMO	0.026	0.129
VALOR MÍNIMO	0.021	0.123
PROMEDIO	0.023	0.127
DESVIACIÓN. ESTD	0.002	0.003
COEF DESVIACIÓN	10.50%	2.36%

Numero de muestras ensayadas	7
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De resultados obtenidos en los ensayos realizados al panel N°3 se observa que:

- Al realizar el ensayo solamente sobre el núcleo se asemeja a la tendencia de los ensayos realizados en los paneles 1 y 2, es decir un valor de desviación estándar del 0.002 y un valor de coeficiente de desviación de sobre el 10.5%
- De la misma manera los valores obtenidos al realizar los ensayos a cuerpo completo generan un valor de desviación estándar de 0.003 y un coeficiente de variación de 2.36%, por tanto se corrobora que las placas de fibrocemento brindan protección al núcleo a absorción de agua.

7.3.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

7.3.2.1. Tracción.

Norma de referencia

[ASTM C297/C297M-04\(2010\) Standard Test Method for Flatwise Tensile Strength of Sandwich Constructions](#)

ASTM C297/C297M-04 (2010) Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción Flatwise de Construcciones Sándwich

TABLA 7.19. TRACCIÓN. PANEL N° 3

VALORES	TRACCIÓN
	ESFUERZO ÚLTIMO (MPa)
VALOR MÁXIMO	0.10
VALOR MÍNIMO	0.0771
PROMEDIO	0.0843
DESVIACIÓN. ESTD	0.01
COEF DESVIACIÓN	12.73%

Numero de muestras ensayadas	4
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos a tracción realizados en laboratorio en el panel N°3 se observa que:

- El valor promedio de esfuerzo último a tracción es de 0.084 MPa
- Desviación estándar de 0.011
- Coeficiente de desviación de 12.73%

7.3.2.2. Corte

Norma de referencia:

[ASTM C273/C273M-11 Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C273/C273M-11 Método de Prueba Estándar para las propiedades de corte de los materiales básicos Sándwich

TABLA 7.20. CORTE. PANEL N°3

VALORES	CORTE
	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)
VALOR MÁXIMO	0.10
VALOR MÍNIMO	0.07
PROMEDIO	0.09
DESVIACIÓN. ESTD	0.02
COEF DESVIACIÓN	19.05%

Numero de muestras ensayadas	5
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos en los ensayos realizados a cortante en laboratorio al panel N°3 se observa que:

- El valor promedio esfuerzo cortante, es de 0.089 MPa con una desviación estándar de 0.017, y un coeficiente de desviación de 19.05%.

7.3.2.3. Flexión –viga

Norma de referencia:

[ASTM D7250/D7250M-06 \(2012\) Standard Practice for Determining Sandwich Beam Flexural and Shear Stiffness](#)

ASTM D7250/D7250M-06 (2012) Práctica estándar para la determinación del haz a flexión y rigidez a cortante del Sándwich.

TABLA 7.21. FLEXIÓN – VIGA. PANEL N°3

VALORES	FLEXIÓN VIGA
	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)
VALOR MÁXIMO	4.15
VALOR MÍNIMO	3.95
PROMEDIO	4.05
DESVIACIÓN. ESTD	0.09
COEF DESVIACIÓN	2.11%

Numero de muestras ensayadas	5
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados de los ensayos realizados a flexión (viga) en laboratorio al panel 3 se observa

- El valor promedio de esfuerzo a flexión es de 4.05 MPa, con una desviación estándar de 0.09 y un coeficiente de desviación de 2.11%.

7.3.2.4. Flexión

Norma de referencia:

[ASTM C551-07 Standard Specification for Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels](#)

ASTM C551-07 Especificación estándar para paneles aislantes de Fibra y asbesto-cemento

TABLA 7.22. FLEXIÓN. PANEL N°3

VALORES	FLEXIÓN
	CARGA DE ROTURA (N)
VALOR MÁXIMO	3733.3
VALOR MÍNIMO	3030.9
PROMEDIO	3325.3
DESVIACIÓN. ESTD	321.1
COEF DESVIACIÓN	9.66%

Numero de muestras ensayadas	5
Distribucion en el panel	Tabla 7.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

De los resultados obtenidos de los ensayos a flexión (panel) en laboratorio al panel N°3 se observa:

- El promedio de carga de rotura a flexión es de 3325.3 newtones, con una desviación estándar de 321.1 y un coeficiente de variación de 9.66%

7.3.3. RESUMEN PANEL N°3

TABLA 7.23 .RESUMEN ENSAYOS. PANEL N°3

PANEL 3

VALORES	PROPIEDADES FÍSICAS				PROPIEDADES MECÁNICAS			
	DENSIDAD (kg/m ³)		ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)		TRACCIÓN	CORTE	FLEXIÓN VIGA	FLEXIÓN
	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO	TIPO DE MUESTRA		ESFUERZO ÚLTIMO (MPa)	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)	CARGA DE ROTURA (N)
			SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO				
VALOR MÁXIMO	533.84	531.87	0.026	0.129	0.10	0.10	4.15	3733.3
VALOR MÍNIMO	500.33	497.17	0.021	0.123	0.0771	0.07	3.95	3030.9
VALOR PROMEDIO	523.42	519.92	0.023	0.127	0.0843	0.09	4.05	3325.3
DESVIACIÓN. ESTD	15.71	15.71	0.002	0.003	0.01	0.02	0.09	321.1
COEF DESVIACIÓN	3.00%	3.02%	10.50%	2.36%	12.73%	19.05%	2.11%	9.66%

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- Los resultados de la tabla 7.23, corresponden al resumen de los diferentes ensayos realizados en las probetas extraídas de diferentes zonas del panel N°3.

7.4. RESULTADOS PANEL N° 4

Fecha de fabricación del panel: 2012-07-31

Número o lote de muestra: Ensayo 21, muestra 04

Pruebas realizadas en el panel: (Ver tabla 5.8)

Norma de referencia:

[ASTM C481-99\(2011\) Standard Test Method for Laboratory Aging of Sandwich Constructions](#)

ASTM C481-99 (2011) Método de prueba estándar para el Envejecimiento en Laboratorio de Construcciones Sándwich

El cálculo de todos los resultados obtenidos de los ensayos de este panel se puede verificar en anexo 7.4. En este análisis sólo se expone los valores aprobados en cada ensayo.

7.4.1. PROPIEDAD FÍSICA - ENVEJECIMIENTO

TABLA 7.24. ENVEJECIMIENTO. PANEL N°4

ENSAYO REALIZADO	% DEGRADACIÓN
C273 PROPIEDAD MECÁNICA - CORTE	35.18%
C551 PROPIEDAD MECÁNICA - FLEXIÓN	51.37%

PARA CORTE	
Número de muestras ensayadas	4
PARA FLEXIÓN	
Número de muestras ensayadas	5
Distribución en el panel:	Tabla 6.1

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

La degradación o proceso de envejecimiento en laboratorio de los Paneles de Fibropoliuretano, se encuentra en valores:

- 35.18%. en el ensayo de corte.
- 51.37 % en el ensayo de flexión.

CAPÍTULO VIII

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PANELES DE FIBROPOLIURETANO

La presente investigación involucra el estudio de un nuevo panel experimental compuesto de planchas planas de Fibrocemento unidas entre sí con Poliuretano rígido. Dentro del capítulo correspondiente a su metodología de investigación se indica: fabricación, extracción de muestras y realización de ensayos, dentro de este contexto se analizará el posible impacto a los seres humanos y al medio ambiente que puedan generar estos procesos, señalando que este análisis se delimita únicamente a su fabricación en etapa de laboratorio.

8.1. ANÁLISIS DE PROPIEDADES

La construcción al igual que todos los campos en los cuales se desenvuelve el ser humano, se ha tecnificado y es en los últimos años que ha crecido la demanda de productos prefabricados para la construcción en general.

Uno de estos productos, son los materiales compuestos llamados *sándwich*, los mismos que debido a sus cualidades de practicidad, rapidez, y economía para la fabricación e instalación hacen que su uso sea más cotidiano. En el mercado de la construcción se encuentran diferentes materiales prefabricados compuestos como se indican en la fotografía 8.1.

En este capítulo se hará una síntesis de las principales propiedades de los componentes de los Paneles de Fibropoliuretano, donde se delimitarán los posibles riesgos y afecciones tóxicas al hombre y al medio ambiente por parte de estos productos.



(A)



(B)



(C)



(D)

FOTOGRAFÍA 8.1. TIPOS DE PANELES “SANDWICH”

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

- (A) Paneles de madera mineralizada unidos con Poliestireno expandido EPS.
- (B) Panel de madera mineralizada y panel de Fibrocemento unidos con Poliestireno expandido EPS.
- (C) Paneles de cartón prensado unidos con Poliestireno expandido EPS.
- (D) Paneles de metal unidos con espuma de Poliuretano rígida.

8.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Toda sustancia o producto, tal como lo conocemos, se caracteriza por su composición y sus propiedades físicas y químicas, es decir, cómo reaccionan a los cambios sobre ellas. Se entiende por propiedades físicas a aquellas que se pueden medir y observar, sin que se afecte o cambie la composición o identidad original de la sustancia o producto.

8.1.1.1. Propiedades Físicas Paneles de Fibrocemento

El fibrocemento es un producto que existe hace más de 100 años en el mercado, es un material utilizado en la construcción, constituido principalmente por una mezcla de cemento y fibra de amianto como refuerzo. El fibrocemento se emplea actualmente en diversos usos (fotografía 8.2)



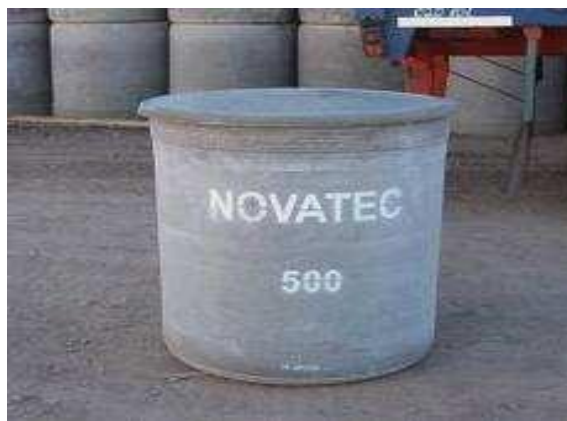
(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

FOTOGRAFÍA 8.2. USOS DEL FIBROCEMENTO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

- (A) Planchas onduladas para cubiertas.
- (B) Planchas planas para paredes y cielos rasos
- (C) Tubos para agua a presión (riego o abastecimiento de agua potable).
- (D) Depósitos de almacenamiento de agua pequeños.
- (E) Chimeneas, masetas, accesorios de ventilación
- (F) Tubos para drenaje o alcantarillado por gravedad, etc.

Las principales características del Fibrocemento, son las que se detallan en la tabla 2.4, donde se puede verificar las diferentes resistencias de dicho material y la consistencia de su naturaleza.

8.1.1.2. Propiedades Físicas Poliuretano Rígido

La producción del poliuretano se inicia en 1940, desde entonces ha sido usado en diversos usos, de acuerdo a la naturaleza de su composición. Para el presente estudio se usará las espumas rígidas de Poliuretano las mismas que se obtiene cuando se mezclan dos productos químicos -un Polioliol y un Isocianato. Las espumas de Poliuretano tienen múltiples usos en la actualidad, de los cuales se anotan los siguientes (fotografía 8.3)



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

FOTOGRAFÍA 8.3. USOS DE LAS ESPUMAS DE POLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

- (A) En la construcción, como aislante térmico o como relleno para paneles.
- (B) En colchones como relleno principal o como integrante de los acolchados.
- (C) En muebles en asientos de sofás y sillas, relleno de acolchados, etc.
- (D) En automoción como elemento principal de salpicaderos, asientos, etc.
- (E) En muchos artículos como juguetes, prendas de vestir, esponjas, calzados, almohadas, cojines, envases y en general todo tipo de acolchados o rellenos.

8.1.1.3. Propiedades Físicas de los Paneles de Fibropoliuretano

Las principales propiedades físicas-mecánicas de los paneles de Fibropoliuretano, en un primer intento de definir las, se detallan en la tabla 9.11.

8.1.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

Las propiedades Químicas de los materiales en general, tienen la necesidad de ser revisadas y analizadas cuando una sustancia o un producto sufren un cambio químico, es decir, cambia su estructura interna, transformándose en otra sustancia o producto, dichos cambios químicos, son generalmente irreversibles.

En el presente estudio, la fabricación de paneles de Fibropoliuretano, que se conforman de dos paneles de Fibrocemento unidos entre sí por una capa de espuma rígida de Poliuretano, en su proceso de fabricación y estudio en fase de laboratorio, no se evidenció ningún cambio en la naturaleza química o física de alguno de los materiales componentes. Por tanto no se profundiza la investigación en el campo de propiedades químicas

8.1.2.1. Propiedad Químicas Paneles de Fibrocemento

Las láminas planas de fibrocemento están formadas por una combinación de cemento hidráulico, o un aglutinante de silicato de calcio con fibras orgánicas o fibras sintéticas inorgánicas. Dentro del proceso pueden añadirse rellenos y pigmentos que sean compatibles con el cemento reforzado con fibras⁴³.

Estos productos en décadas anteriores permitían tener materiales durables a bajos costos y eran esenciales para traer y distribuir agua potable, transportar aguas negras, para propósitos de irrigación y para construcción de vivienda de interés social.

⁴³ NTE INEN 2 084: 1996, *Láminas de Fibro-Cemento* 1era edición, Requisitos, Página 1

Actualmente, los productos que contienen amianto son diametralmente diferentes en su composición a sus inicios, se utiliza sólo un tipo muy particular de amianto: *el crisotilo*. Las industrias de este sector únicamente presentan al mercado, los productos que contienen esta fibra, en especial los materiales de construcción.

Las cantidades exactas que forman la composición del producto Fibrocemento, son una fórmula exclusiva, que pertenece a cada una de las empresas que las producen, en el caso de esta investigación, la información pertenece a Eternit Ecuatoriana S.A, empresa que fabrica y comercializa productos de Fibrocemento cumpliendo normas de calidad INEN, ASTM, ISO, OHSAS, NTC, entre otras

Con respecto a sus propiedades químicas, nos hemos basado en las especificaciones entregadas al público, las mismas que son respaldadas por las instituciones normativas ya antes mencionadas, propiedades y características que se indican en la Tabla 2.4.

8.1.2.2. Propiedad Químicas Poliuretano Rígido

La espuma de Poliuretano es un material plástico poroso (espuma) que, se forma básicamente por la reacción química de dos compuestos - un Polioliol y un Isocianato - aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos. Dicha reacción libera dióxido de carbono, gas que genera la expansión de la mezcla propiciando la formación de la espuma

Polioliol

“Son alcoholes polihídricos con varios grupos hidroxilo. La fórmula química general es $C_nH_{2n+2}O_n$. Un Polioliol es un carbohidrato que contiene más grupos hidroxilo que el azúcar al cual está asociado”⁴⁴.

⁴⁴ WIKIPEDIA, Polioliol, <http://es.wikipedia.org/wiki/Polioliol>

Hidroxilo, “El grupo hidroxilo (también llamado oxhidrilo) OH⁻ es un grupo funcional compuesto de 1 átomo de oxígeno y 1 de hidrógeno, característico de los alcoholes”⁴⁵.

Carbohidrato, “son moléculas orgánicas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno. Son solubles en agua y se clasifican de acuerdo a la cantidad de carbonos o por el grupo funcional aldehído”⁴⁶.

Isocianato

“Productos inorgánicos, son las sales del ácido isociánico HNCO, que contienen el anión NCO [...], el radical monovalente-N = C = O, y cualquiera de sus derivados hidrocarburo RN = C = O”⁴⁷

Sales, “cualquier sustancia que en disolución acuosa aporta iones OH⁻ al medio”⁴⁸

Ácido, “es una sustancia que en disolución incrementa la concentración de iones de hidrógeno, en combinación con las bases, un ácido permite formar sales”⁴⁹

Anión, “es un ion con carga eléctrica negativa, es decir, que ha ganado electrones. Los aniones se describen con un estado de oxidación negativo”⁵⁰

Ion, “átomo o molécula que perdió su neutralidad eléctrica por que ha ganado o perdido electrones de su dotación originalmente neutra”⁵¹

La fórmula química exacta de la composición del Polirol y del Isocianato productos bases para la formación de la espuma rígida de Poliuretano, son fórmulas que pertenecen a cada una de las plantas productoras que las fabrican. Huntsman

⁴⁵ WIKIPEDIA, Grupo hidroxilo, http://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_hidroxilo

⁴⁶ COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS SERES VIVOS, *Carbohidratos*, <http://www.monografias.com/trabajos91/composicion-quimica-seres-vivos/composicion-quimica-seres-vivos.shtml#carbohidra>

⁴⁷ WIKIPEDIA, Isocianato, <http://es.wikipedia.org/wiki/Isocianato>

⁴⁸ WIKIPEDIA, Base (química), [http://es.wikipedia.org/wiki/Base_\(qu%C3%ADmica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Base_(qu%C3%ADmica))

⁴⁹ Definición de sales, <http://definicion.de/acido/>

⁵⁰ WIKIPEDIA, Anión, <http://es.wikipedia.org/wiki/Ani%C3%B3n>

⁵¹ Química, Ión, <http://es.chemistry.wikia.com/wiki/I%C3%B3n>

Polyurethanes, es una empresa que atiende a más de 3.000 clientes en más de 90 países. Dispone de instalaciones de producción en los EE.UU., los Países Bajos y China, cumpliendo normas de calidades europeas, americanas y asiáticas, las cuales lo respaldan como un producto de calidad y seguridad en su uso.

Con respecto a su composición y propiedades químicas, la investigación se respalda en las especificaciones que el fabricante Huntsman Polyurethanes, con su distribuidor en Ecuador Grupo Quimipac, entregan al público, las mismas que son respaldadas por las instituciones normativas de los diferentes países, propiedades que se detallan en la tabla 2.15.

8.1.2.3. Propiedades Químicas de los Paneles de Fibropoliuretano

Los paneles llamados de Fibropoliuretano, no presentan ningún tipo de cambio en la composición química de los materiales en su fase de fabricación, los cambios que presentan los materiales componentes son de orden mecánico.

Las propiedades químicas originales de cada producto componente se mantienen, el proceso realizado es unir dos materiales, cada uno con características diferentes, para que en conjunto formen un nuevo producto.

8.1.3. RIESGOS Y/O POSIBLES AFECCIONES TÓXICAS

Organizaciones internacionales como es el caso de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Asamblea Mundial de la Salud (AMS), Organización Internacional del Trabajo (OIT) y Comité Mixto de la OIT/OMS de Salud Ocupacional; son las encargadas de verificar que los materiales o productos que existen actualmente en el mercado no representen peligro alguno para los seres humanos y el medio ambiente.

8.1.3.1. Riesgos Paneles de Fibrocemento

El Fibrocemento es un material utilizado masivamente en la construcción, con una existencia de más de 100 años. La fórmula original se encontraba compuesta principalmente por una mezcla de cemento y fibra de amianto o asbesto como fibra de refuerzo, la misma que fue sustituida cuando aparecieron los problemas de asbestosis (Neumoconiosis).

Neumoconiosis, “conjunto de enfermedades pulmonares resultantes de la inhalación y acumulación de polvo inorgánico, así como de la reacción que se produce en el tejido pulmonar como consecuencia de las partículas en el depositadas”⁵².

“El asbesto no es un mineral, es un término colectivo que se da a un grupo de minerales cuyos cristales concurren en forma fibrosa, el término asbesto fue adoptado como una identificación comercial.

Los seis minerales comúnmente referidos como asbestos vienen de dos grupos de minerales: Un grupo conocido como serpentina y el otro como anfíboles [...], sus componentes se pueden ver en la tabla 8.1. Mientras que ambos son minerales silicatos, los dos grupos son químicamente y mineralógicamente diferentes”⁵³.

TABLA 8.1. COMPONENTES DEL ASBESTO

GRUPO	NOMBRE DEL MINERAL	NOMBRE COMÚN	VARIEDAD FIBROSA
Serpentina	Crisotilo	Asbesto blanco	
Anfíboles	Grunerita	Asbesto Café	Amosita
	Riebeckita	Asbesto Azul	Crocidolita
	Antofilita	Asbesto Gris	
	Tremolita	Asbesto Tremolita	
	Bisolita	Asbesto Actinolita	Actinolita

FUENTE: Recursos Naturales Canadá, U.S. Geological Survey, Instituto del Crisotilo

⁵² Definición de Neumoconiosis, <http://www.saludalia.com/respiratorio/neumoconiosis>

⁵³ INSTITUTO DEL CRISOTILO, Reseña respecto a la diferencia entre el crisotilo y los asbestos anfíboles, Agosto del 2009, www.chrysotile.com, Pág. 1.

El asbesto es un grupo de minerales impuros de silicato que se presentan en forma fibrosa, algunos de ellos pueden ser:

“Fibras – Crisotilos: Mineral de serpentina de hidrosilicato de magnesio con la fórmula empírica: $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$

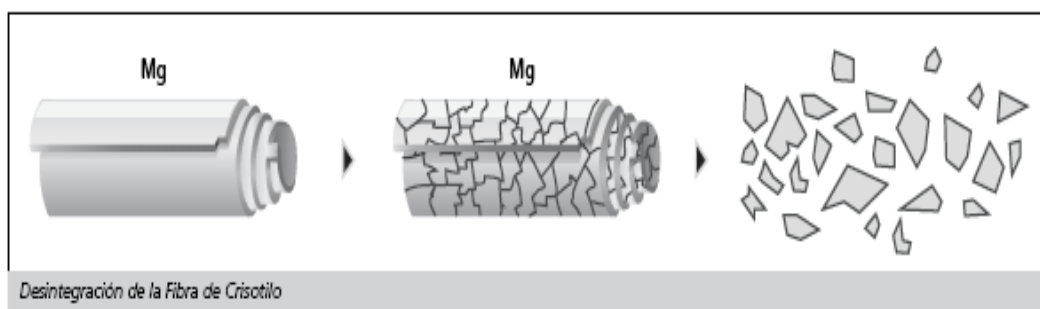
Fibras – Crocidolita: Uno de los anfíboles monoclinicos con la fórmula empírica $Mg_3Si_2O_5$. Característicamente de color azul.

Fibras – Amosita: Pertenece al grupo de anfíboles monoclinicos que tienen una composición química similar a la Crocidolita, conteniendo menos óxido férrico, más magnesio, menos sodio y una pequeña cantidad de alúmina⁵⁴.

Diferencia entre el crisotilo y los asbestos anfíboles

“El crisotilo o fibra serpentina es una hoja fina de silicato que se encuentra enrollada, la hoja es de alrededor de 8 angstroms (0.8 nanómetros) de espesor, está compuesta por un sándwich de magnesio y silicato [...]. El magnesio en la hoja es soluble al agua (por ejemplo en el surfactante pulmonar) y la estructura de sílice se rompe en un ambiente ácido (qué puede ocurrir cuando el macrófago trata de descomponer la fibra)”⁵⁵.

FIGURA 8.1. DISGREGACIÓN DE LAS FIBRAS DE CRISOTILO



FUENTE: Instituto del Crisotilo, Boletín del Instituto del Crisotilo, Pág. 12.

⁵⁴ NTE INEN 1 314, Productos de Asbesto cemento, terminología, año 1985-06, Pág. 1

⁵⁵ INSTITUTO DEL CRISOTILO, Op. Cit. Pág. 1

Macrófago, “células del sistema inmunitario, que se localizan en los tejidos, procedentes de la emigración desde la sangre, a partir de un tipo de leucocito llamado monocito”⁵⁶.

En el pulmón, el medio ambiente ácido de los macrófagos descompone la fibra rápidamente, se fractura la estructura de la misma en fragmentos, lo que hace que se descomponga en pequeñas partes, las cuales pueden ser rápidamente despejadas del pulmón, si la fibra es ingerida, entonces es atacada por el aún más potente medio ambiente ácido del estómago (ácido hidróclorico, pH2). Tal como indica en el figura 8.1

“Las fibras de asbesto anfíboles están formadas por varillas sólidas/fibras. Tal como indica en el figura 8.2. Su estructura es una doble cadena de silicatos tetraédricos lo que la hace muy fuerte y durable”⁵⁷ indicando esto, que no son susceptibles al ataque químico.

FIGURA 8.2. FORMA DE LAS FIBRAS DE ANFÍBOLES

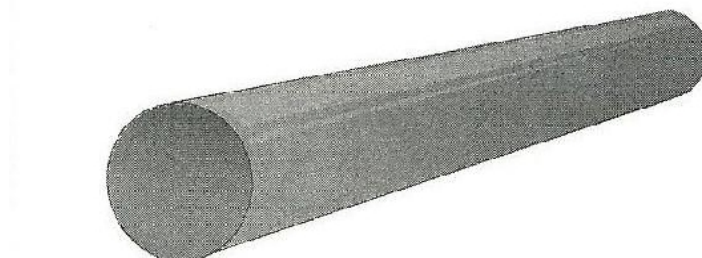


Figura 3 - Asbestos anfíboles (por ejemplo amosita)

FUENTE: Instituto del Crisotilo, Boletín del Instituto del Crisotilo.

“La superficie externa de la estructura cristalina de los anfíboles tiene la resistencia química del cuarzo, estas fibras tienen una insignificante solubilidad en cualquier ambiente de pH en que se encuentre”⁵⁸, no son solubles en agua y tienen muy baja solubilidad en el ácido. Ya que no son susceptibles a los ataques

⁵⁶ WIKIPEDIA, Macrófago, <http://es.wikipedia.org/wiki/Macr%C3%B3fago>

⁵⁷ INSTITUTO DEL CRISOTILO, Op. Cit. Pág. 2

⁵⁸ Idem, Pág. 2.

químicos, las fibras largas que los macrófagos no pueden descomponer y eliminar persistirán en el pulmón una vez inhaladas.

Los dos tipos de minerales tienen características mineralógicas que son considerablemente diferentes y por lo tanto la respuesta biológica cuando se inhala debe ser considerada por separado. (Bernstein y Hoskins, 2006)⁵⁹.

La OMS afirma que las fibras de “asbesto” son “relativamente resistentes a los ataques químicos”, sin embargo, Pundsack⁶⁰ en 1955 describe cómo el crisotilo en contraste con los anfíboles, se disocia en el agua y es fácilmente atacado por el ácido. Más recientemente, Wypych (2005) presentó una evidencia científica que muestra que las partículas que se producen cuando el crisotilo se rompe con el tratamiento del ácido están compuestas de una sílice amorfa.

Numerosos estudios en los últimos años han demostrado que esta combinación de resultados de las características del crisotilo, generan una rápida eliminación del pulmón una vez inhaladas. (Bernstein et al., 2004, 2005a, 2005b)

La toxicidad de las fibras minerales se ha asociado con tres factores primordiales:

- Dosis
- Dimensión
- Durabilidad

Dosis:

Se determina por las características físicas y de dimensión de las fibras y la forma como se utiliza el material y los procedimientos de control que se implementen.

Dimensiones:

Tiene que ver con el hecho de ser respirables por esto es necesario considerar las dimensiones, ya que este es un factor determinante en la respuesta en el medio ambiente pulmonar, una vez que éstas hayan sido inhaladas.

⁵⁹ BERNSTEIN David M Dr. y Hoskins John A Dr., Consultores en Toxicología Suiza y Reino Unido respectivamente, Estudio para el diario de Regulación y Farmacología, año 2006

⁶⁰ PUDSACK, Morfología del amianto crisotilo, revista el mineralogista, Vol. 51.,New York, EEUU, junio de 1966

Durabilidad:

Las fibras cuya estructura química tiene solubilidad al ser depositadas en el tejido pulmonar, son aquellas que podrán disolverse en su totalidad o parcialmente cuando se hayan debilitado lo suficiente como para poder disgregarse en fibras más pequeñas.

Estructura Química y Biopersistencia.

“La relación de la composición química con la disolución y el subsecuente rompimiento de las fibras [...] indica, que fibras sintéticas minerales de $<5\mu\text{m}$ de longitud tuvieron la retención más larga en los pulmones después de una inhalación de corto plazo, en las que las fibras más largas fueron despejadas más rápidamente y las fibras de $>30\mu\text{m}$ de longitud se despejaron muy rápidamente”⁶¹.



FOTOGRAFÍA 8.4. ASBESTO CRISOTILO EN ESTADO NATURAL

FUENTE: INSTITUTO DEL CRISOTILO, Canadá.

La relación de la Biopersistencia con el potencial carcinogénico.

“Recientes estudios del asbesto crisotilo (serpentina) han demostrado que no es biopersistente en los pulmones. Dado que la serpentina es una fibra mineral que se encuentra en la naturaleza en minas (Fotografía 7.4), por tanto, parece ser que hay una diferencia en la biopersistencia dependiendo del lugar de extracción y de la escala de la solubilidad en la que se encuentra, varía desde la fibra menos persistente a la fibra con una

⁶¹ INSTITUTO DEL CRISOTILO, Op. Cit. Pág. 2

biopersistencia en el rango del vidrio o la lana mineral. Se mantiene menos persistente que la cerámica y los vidrios y posee menor magnitud de biopersistencia que los anfíboles”⁶²

Se indica que el crisolito en ambientes ácidos pH se torna menos estable, lo que conlleva a que el proceso de desintegrar/despejar las fibras más largas se facilite. La biopersistencia para estas fibras es de menos de 10 días y ha sido clasificada como no carcinogénica por la Comisión Europea y se permite su uso en los Estados Unidos.

Rociar asbesto, con frecuencia del tipo anfíbol, ha sido prohibido en la mayoría de los países desde la década de los 70 (1970). En el Ecuador el uso de los anfíboles fue prohibido en el año de 1983.

Los productos que contienen crisotilo, cuando se utilizan de una manera segura, no representan riesgo medible para la salud humana. Se usan en la actualidad para la fabricación de pastillas de frenos, trajes para bomberos, revestimientos anti-incendios etc. Por ser resistentes al fuego, buena degradación química, y por sus propiedades de durabilidad.

“El temor al uso del crisotilo en la actualidad se ha reducido con toda la evidencia científica. En un taller co-patrocinado por la Comisión Internacional de Salud y Seguridad Ocupacional y el Programa Internacional de Seguridad con Químicos, la gran mayoría de los científicos reconocen que el riesgo asociado con la exposición al crisotilo, con los estándares actuales de seguridad, es muy bajo”⁶³.

En este contexto los productos que contienen crisotilo se pueden utilizar de una manera segura, apoyándose en el principio de uso seguro y responsable, lo que implica un planteamiento de evaluación de riesgo, no solo para el crisotilo sino que para todos los minerales y metales. La mayoría de las sustancias usadas en

⁶² Idem, Pág. 3

⁶³ Instituto del Crisolito, Montreal, Quebec, Canadá. www.chrysotile.com

la industria de la construcción tienen un potencial de ser dañinas si se utilizan inadecuadamente.

Dado que las fibras de crisotilo son una forma diferente de asbesto que los anfíboles y por el Convenio 162 de la OIT - que es el instrumento jurídico internacional sobre el asbesto, que incluye al uso controlado en su catálogo de posibles medidas de gestión de riesgos, la OMS declara que el crisotilo se puede utilizar de forma segura, si se maneja responsablemente.

La OIT es la organización internacional responsable de la elaboración y supervisión internacional de las normas laborales. Es la única Agencia de carácter "tripartita" de las Naciones Unidas que reúne a representantes de los gobiernos, empleadores y trabajadores para que conjuntamente elaboren las políticas y programas de promoción de trabajo en condiciones de seguridad para todos.

La comunidad científico-industrial debe ser el principal rector de vigilancia y control en relación con el medio ambiente, la exposición ocupacional, y la asignación de recursos para la investigación y el establecimiento de prioridades de la salud pública.

Actualmente se usa productos y sustancias peligrosas para la salud o se realiza actividades industriales y caseras, potencialmente dañinas o cancerígenas y con alto impacto al medio ambiente, en lugar de pedir su prohibición, se ha logrado utilizarlos, realizarlos y manipularlos con la mayor seguridad posible, es el caso de:

- Baterías que contienen ácidos
 - Celulares
 - Cámaras
 - Calculadoras
 - Computadores
 - Implementos tecnológicos
- Materiales compuestos de fibra de vidrio

- Molduras de autos
 - Aislantes térmicos de bajo costo
- Pinturas catalizadas
- Autos
 - Pinturas de interiores
 - Muebles
- Envasado de miles productos en polietilenos de muy lenta degradación

Actualmente sólo se fabrican y comercializan los productos con crisotilo de alta densidad. La característica singular de estos productos es que las fibras crisotílicas están encapsuladas en una matriz de cemento o de resina, que impide que se desprendan. Más del 90% del crisotilo que se usa hoy día en el mundo se encuentra en los materiales de construcción con fibrocemento.

Las cantidades de Fibrocemento que se produce y su consumo en el mundo, se pueden verificar en la tabla 8.2

TABLA 8.2. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CRISOTILO EN EL MUNDO

Producción estimado (tonelada) por 1999		Consumo estimado (tonelada) por 1999	
PAIS	TONELADAS	PAIS	TONELADAS
Rusia	870000	Lejano Oriente	880000
China	360000	Rusia y Kazakhstan	530000
Canadá	220000	Medio Oriente y continente indico	320000
Brasil	210000	Africa	80000
Kazakhstan (Asia Central y Europa del Este)	200000	América del sur y central	180000
Zimbabwe (Sudáfrica)	170000	América del norte	50000
Otros	50000	Europa	40000
Total	2080000	Total	2080000
Recursos Naturales Canadá, U.S.			
Geological Survey, Instituto del Crisolito			

En el Ecuador, analizando los datos del último censo de población y vivienda del 2010, se puede verificar que el 15% de la población total del Ecuador tiene colocado techos de Fibrocemento en sus viviendas, lo cual indica que al igual que

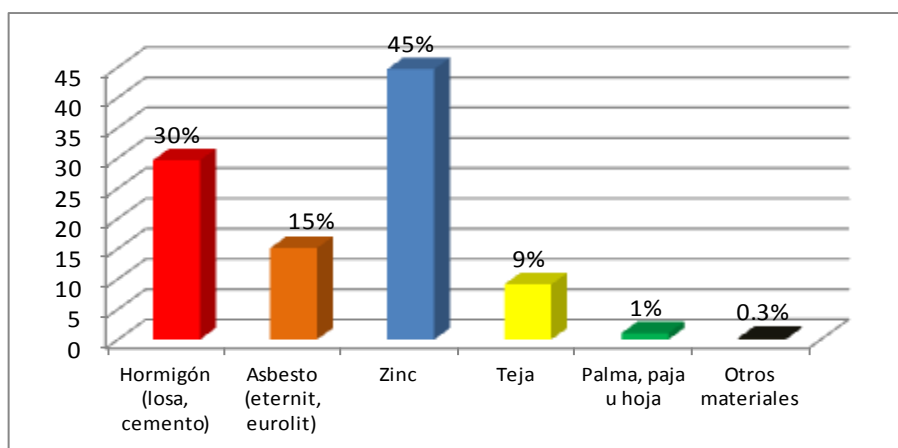
en el resto del mundo, en nuestro país, este es un material con presencia mayoritariamente en el campo de la construcción. Tabla 8.3 y gráfico 8.1

TABLA 8.3. MATERIAL DEL TECHO O CUBIERTA

MATERIAL DEL TECHO O CUBIERTA	CASOS	%	ACUMULADO %
Hormigón (losa, cemento)	1111720	30	30
Asbesto (eternit, eurolit)	567003	15	45
Zinc	1674896	45	89
Teja	342342	9	99
Palma, paja u hoja	40658	1	100
Otros materiales	12300	0.3	100
Total	3748919	100	100
CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA 2010			
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS - INEC, ECUADOR			
CEPAL/CELADE Redatam+SP 11/17/2011			

Las empresas que comercializan el crisotilo y los gobiernos que lo regulan conocen muy bien su manejo y exportación, el transporte internacional del crisotilo está regulado a través de un protocolo estricto y las empresas exportadoras están sujetas a acuerdos con sus respectivos gobiernos y exportan solamente a los usuarios responsables que pueden demostrar que lo utilizan de forma segura.

GRÁFICO 8.1. MATERIAL DEL TECHO O CUBIERTA. % TOTAL ECUADOR.



FUENTE: INEN, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010

El vínculo entre el crisotilo y los niveles industriales de exposición actual es de 1 f/cc o menos, con el Mesotelioma, no ha sido científicamente demostrado.

Mesotelioma, una rara forma de cáncer causada por la exposición al amianto

8.1.3.2. Riesgos Poliuretano Rígido

El poliuretano es un Polímero sintético al igual que el Poliestireno, y el polietileno, usados como aislantes térmicos y acústicos, para usos en general. La diferencia entre cada uno de estos productos se basa en sus componentes.

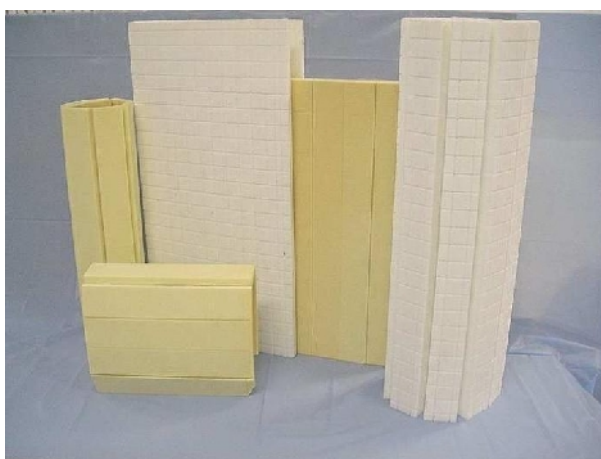
Poliuretano y poliisocianurato, estos dos materiales tienen una estructura de células cerradas con aproximadamente el 90%, y una baja incidencia térmica. Además, se los llama termoendurecibles, lo que significa que, una vez moldeadas, estos no pueden cambiar su forma debido a la amplia formación de uniones entre moléculas.

Poliuretano / Poliisocianurato (PUR/PIR)

Los componentes de las espumas de poliuretano y de poliisocianurato son:

- Polioli
- Isocianato
- Un activador para iniciar la reacción

Las espumas de poliisocianurato (PIR) difieren de las espumas de poliuretano puro (PUR) en la relación de mezcla de los componentes, esto es Polioli e Isocianato y la necesidad de un catalizador en el caso de espumas (PIR)



FOTOGRAFÍA 8.5. ESPUMAS DE POLIURETANO Y DE POLIISOCIANURATO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

Las espumas de PIR se usan aprovechando sus superiores características de estabilidad térmica y prestación al fuego ya que puede obtenerse la certificación M1 de resistencia.

TABLA 8.4. CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO DE REVESTIMIENTOS DE PAREDES Y TECHOS DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS O ACÚSTICOS Y DE CONDUCTORES.

Clase exigida según UNE 23727: 1990	Clase que debe acreditarse según UNE-EN 13501-1:2002
M0	A1 ó A2, s1 - d0
M1	B, s3 - d0
M2	C, s3; d0
M3	D, s3; d0

Tabla 4.1. Norma UNE-EN 13501-1 Resistencias y reacciones al fuego de los elementos constructivos

- Productos A1 pueden ser: arcilla expandida, perlita expandida, lana mineral, vermiculita exfoliada, vidrio celular, vidrio.
- Productos tipo B pueden ser: lana de poliéster, lanas minerales
- Productos tipo B y C pueden ser: PUR aplicado, PIR conformado
- Productos tipo D pueden ser: PUR/PIR panel con revestimiento de chapa metálica

Al momento de la mezcla del Polioliol con el Isocianato se debe tomar en cuenta las siguientes premisas que pueden ser un posible riesgo para los seres humanos y el medio ambiente.

Estabilidad y reactividad

El vapor producido en un proceso de mezcla industrial es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo, con una posible ignición (ocurre cuando el calor que emite un proceso llega a ser suficiente como para sostener la reacción química) en punto distante.

La sustancia puede reaccionar debido al calentamiento intenso o bajo la influencia del agua u otros catalizadores. Las sustancias individuales se descomponen al

calentarlas intensamente, produciendo gases tóxicos de ácido cianhídrico, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.

Condiciones que deben evitarse: Fuentes de calor e ignición y de ser el caso contacto con el agua.

Productos de descomposición: Gases tóxicos de ácido cianhídrico, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.

Información toxicológica

Trata de las afecciones tóxicas o que producen efectos nocivos sobre el organismo, ver tabla 8.5

TABLA 8.5. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

	Efectos agudos	Efectos crónicos
Contacto con la piel	PUEDE ABSORBERSE. Quemaduras cutáneas, dolor.	Sensibilidad en la piel.
Contacto con los ojos	Dolor, pérdida de visión, quemaduras profundas graves.	No hay información disponible.
Inhalación	Tos, vértigo, dificultad respiratoria, jadeo, dolor de garganta, vómitos, pérdida del conocimiento. Edema pulmonar. La exposición puede producir la muerte.	La sustancia puede originar asma, y afectar al pulmón dando lugar a alteraciones del tejido.
Ingestión	Calambres abdominales, dolor de cabeza, vómitos.	
Otros	Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello imprescindibles. La alerta por el olor es insuficiente.	
- Límite en aire de lugar de trabajo (s/ Res. 444/91) CMP: 0.05 mg/m ³ . Vía dérmica. - Límite biológico : No establecido. - Límite NIOSH REL: TWA 0.02 ppm (0.05 mg/m ³) Vía dérmica. - Límite OSHA PEL: TWA 0.02 ppm (0.05 mg/m ³) Vía dérmica. - Nivel guía para fuentes de agua de bebida humana (s/ Dto. 831/93): No establecido.		

GRUPO QUIMPAC, representante en Ecuador de Poliuretanos HUNTSMAN

Manipulación y almacenamiento

Condiciones de manipulación: Evitar el contacto directo con llamas, no producir chispas, no fumar, no poner en contacto con agua, ácidos, bases, aminas,

alcoholes, o agentes catalizadores. No comer o beber durante el trabajo. No llevar a casa la ropa de trabajo.

Condiciones de almacenamiento: A prueba de incendio. Separado de todas las sustancias. Mantener en lugar fresco y seco.

Equipos de protección personal

Protección respiratoria: Sí. En extracción localizada o cortes.

Protección de manos: Sí. Utilizar guantes protectores.

Protección de ojos: Sí. Se recomienda pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria

Protección del cuerpo: Sí. Traje de protección

Instalaciones de seguridad: Duchas de seguridad.

Medidas a tomar en caso de derrames y/o fugas

Precauciones personales: Traje de protección completo incluyendo equipo de protección respiratoria

Precauciones ambientales: No verterlo al alcantarillado. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico en forma líquida se incorpore al ambiente debido a su toxicidad frente a los mamíferos que lo pueden ingerir.

Métodos de limpieza: Evacuar la zona de peligro. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes no reusables (Bolsas de seguridad de un solo uso en polietileno de alta calidad), absorber el líquido residual con arena seca o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro.

Medidas a tomar en caso de contacto con el producto

Contacto con la piel: Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.

Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.

Inhalación: Aire limpio, reposo, adoptar posición de semi incorporado.

Ingestión: Enjuagar la boca. No provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica de forma urgente

Medidas a tomar en caso de incendio y explosión

Medidas de extinción apropiadas: extintores, espumas extintoras, arena seca, dióxido de carbono.

Medidas de extinción inadecuadas: No utilizar agentes hídricos. (Agua).

Productos de descomposición: Gases tóxicos de ácido cianhídrico, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.

Equipos de protección personal especiales: Traje de protección completo incluyendo equipo de protección respiratoria.

Medidas a tomar para la disposición final de residuos

Los restos de producto químico deberían disponerse de acuerdo a tecnología aprobada y a la legislación local. El envase contaminado, debe tratarse como el propio residuo químico. No verter en ningún sistema de cloacas, sobre el piso o extensión de agua.

8.1.3.3. Riesgos Paneles de Fibropoliuretano

El presente estudio involucra la fabricación de paneles de Fibropoliuretano en su fase de laboratorio, los mismos que están conformados por una capa de Poliuretano rígido que une a dos paneles de Fibrocemento.

Su fabricación no representa ningún riesgo para la salud del personal de fabricación, siempre y cuando, se tomen las precauciones del caso en el momento de la producción de los mismos, para su elaboración debe preverse el uso de los siguientes materiales y las siguientes premisas de seguridad:

Materiales de Seguridad:

Para la manipulación de los materiales componentes: Paneles de Fibrocemento y espuma rígida de Poliuretano, se requiere el uso de los siguientes equipos como medidas de seguridad, fotografía 8.6.



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)



(G)



(H)

FOTOGRAFÍA 8.6. MATERIALES DE SEGURIDAD, PARA FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

- Guantes de trabajo liviano hilo-caucho
- Overol jean
- Zapatos punta de acero
- Gafas o lentes de seguridad
- Mascarillas o respiradores,
- Tapones auditivos
- Casco de seguridad
- Cinturones para protección de cintura y espalda

Herramientas y Materiales a utilizarse:

Para la fabricación de los paneles, a más de los materiales base, Fibrocemento y espuma rígida de Poliuretano, se necesita de herramientas menores tales:

esmeriladora para limar asperezas de los paneles, balanza para medir la cantidad de Polioli e Isocianato para la mezcla, taladro que será utilizado como mezclador y cronómetro para verificar tiempos de mezclado, agitación y vertido; estas herramientas se indican en la fotografía 8.7.



(A)



(B)



(C)



(D)

FOTOGRAFÍA 8.7. HERRAMIENTAS, PARA FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

- (A) Esmeriladora.
- (B) Balanza.
- (C) Taladro.
- (D) Cronometro.

En el procedimiento de fabricación, se debe tener en cuenta, estar provisto de todos los equipos de seguridad y de realizar el trabajo en forma ordenada, tal como indica el proceso de fabricación de los Paneles de Fibropoliuretano.

Las fibras que forman el Fibrocemento no representan un riesgo ya que se encuentran encapsuladas en su mezcla con el cemento; de la misma manera el Poliuretano tampoco representa peligro, si es manejado en las cantidades y proporciones indicadas y no es mezclado, ni expuesto a otros tipos de sustancias.

Por tanto se indica que los Paneles de Fibropoliuretano no representan riesgo para los seres humanos y el ambiente en el cual se fabrica.

8.2. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se define como Impacto Ambiental “al efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. Estas acciones motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social”⁶⁴. Se dice entonces que aparece un Impacto Ambiental en el momento en que una acción o actividad produce una alteración favorable o desfavorable sobre los factores ambientales.

En el caso en estudio, dicha acción es la fabricación en su fase de Laboratorio de los Paneles de Fibropoliuretano, la alteración que esta etapa pueda producir, está ligada directamente con las personas que manipulan la fabricación del producto, y los desperdicios que esta fabricación genere.

“La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) puede definirse como un procedimiento técnico, jurídico y administrativo que tiene por objeto la identificación, valoración, predicción, interpretación, prevención y corrección

⁶⁴ WIKIPEDIA, Impacto Ambiental, http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental

de los impactos potenciales que pueden producirse de los proyectos, planes, programas o más acciones; sobre los componentes físicos-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas administraciones públicas competentes. Se busca de esta manera generar un estudio de Impacto Ambiental (EsIA), tanto para expertos como personas que no conocen de la materia.

Al ser el EsIA parte de la EIA, donde se estima o evalúa la magnitud e importancia de los impactos ambientales. El EsIA es una disertación técnica, de carácter interdisciplinar, que incorporado en el procedimiento de la EIA está destinado a predecir, identificar, describir, valorar, minimizar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.

La EIA puede incorporarse en distintos niveles temporales que conforman la programación general de la actividad, de esta manera puede surgir distintas etapas⁶⁵

- Etapa previa de planificación, busca seleccionar una primera alternativa y la localización óptima para la actividad, en función de las características del medio de las acciones que se contemplen y de las alternativas técnicas.
- Etapa de anteproyecto o proyecto, no se ha tomado la decisión de aceptación, modificación o rechazo de la actividad, se tiene la localización donde se realizará la actividad como prefijada y las alternativas técnicas. El análisis se destina a evaluar y optimizar situaciones de por sí aceptables elaborando la redacción del proyecto en la que se detallan todas las especificaciones técnicas de la actividad incluida la localización seleccionada.

⁶⁵ GALLARDO, Pablo Ing. Notas de Evaluación de Impacto Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ing. Civil, Quito, año 2004.

- Etapa de ejecución de la actividad, es cuando la actividad está concluida y la decisión de ejecutarla tomada.

Los EsIA pueden elaborarse en cualquier escalón, pero hay que tener en cuenta que la EIA es un instrumento preventivo, más que corrector y su mayor operatividad se consigue en la fase de planificación, esta operatividad va descendiendo según tenga lugar en las distintas fases sucesivas.

Cuando se realiza la EIA y por lo tanto el EsIA de una actividad o proyecto, se debe seguir un procedimiento de 12 etapas en su desarrollo. Dadas las condiciones del presente estudio, algunas de las etapas no serán aplicables para el mismo.

1. “Análisis del proyecto o actividad, con el fin de conocerlo en profundidad.
2. Definición del entorno del proyecto para cada factor, descripción y estudio del mismo; comprensión del funcionamiento del medio sin proyecto y la evaluación prevista si no se actúa.
3. Previsiones de los efectos que el proyecto generará sobre el medio, se desarrolla una aproximación al estudio de acciones y efectos, sin entrar en detalles.
4. Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes.
5. Identificación de los factores del medio potencialmente impactados.
6. Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio, mediante la elaboración de una matriz de importancia y valoración cualitativa del impacto.
7. Prevención de la magnitud del impacto sobre cada factor.

8. Valoración cuantitativa del impacto ambiental, incluyendo transformación de medidas de impactos en unidades inconmensurables a valores conmensurables de calidad ambiental, y una suma ponderada de ellos para obtener el impacto total.

9. Definición de las medidas correctoras, precautorias y compensatorias y del programa de vigilancia ambiental, con el fin de verificar y estimar la operatividad de aquellos.

10. Proceso de participación pública, tanto de particularidades como de agentes sociales y organismos interesados.

11. Emisión del informe final.

12. Decisión del órgano competente.

Las fases 4, 5 y 6 corresponden a la valoración cualitativa, mientras que las fases 7, 8 y 9 corresponden a la valoración cuantitativa. Las nueve primeras fases corresponde al EsIA, obteniendo las fases 7, 8 y 9 encontramos una EIA simplificado y el conjunto de las doce fases nos conduce a una EIA detallada”⁶⁶

La EIA debe contener al menos la estimación de los efectos sobre la vida humana, la fauna, la flora, la vegetación, el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada. Y la incidencia sobre los elementos que componen el ambiente del área en estudio, sobre las relaciones sociales y las condiciones de sosiego público, tales como ruidos, vibraciones, olores y emisiones luminosas y cualquier otra incidencia ambiental derivada de su ejecución.

⁶⁶ Ídem

Valoración Cualitativa de Impactos Ambientales

Análisis General del Proyecto

El crecimiento acelerado de la población va ligado siempre con la necesidad y el requerimiento de poseer una vivienda propia. En los datos entregados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, pertenecientes al VII Censo de Población y VI de Vivienda del 2010, el 36% de hogares ecuatorianos no poseen vivienda propia. Datos que no han cambiado desde el censo del 2001.

La Ingeniería Civil tiene como misión, la búsqueda de propuestas innovadoras de construcción que asistan a solucionar las diferentes necesidades de la sociedad, tanto técnicas, de inventiva y de formalidad. Bajo esta responsabilidad se debe avalar tanto en teoría, como en la práctica, la aplicación de nuevos sistemas constructivos.

En busca de cumplir con lo indicado, se considera que las mamposterías de tipo tradicional construidas con bloque, ladrillo, hormigón armado, entre otros, es uno de los rubros que tiene mayor desperdicio de materiales y por lo tanto de recursos en las obras, incidiendo de esta manera en el costo total de la vivienda; razón por la cual se propone en este estudio un nuevo sistema cuyo último fin será la probable construcción de mamposterías en general con materiales alternativos de Fibrocemento y Poliuretano.

Como todo material de construcción el panel propuesto debe ser avalado primero en forma técnica, generar la metodología de su investigación, proponer un proceso lógico y ordenado de fabricación fundamentado en normas que sustenten sus propiedades físicas y mecánicas, para luego ser analizado económicamente y por último generar métodos para su colocación en obra.

El presente estudio de impacto ambiental analizara únicamente la primera fase que debe cumplir un material de construcción, que es, su fabricación y estudio de propiedades en fase de laboratorio, Las herramientas que se utilizarán para la

fabricación de estos paneles son de tipo menor, y los desperdicios que se generan son mínimos, debido al proceso estándar de fabricación de los mismos; teniendo de esta manera efectos imperceptibles hacia el medio ambiente y las personas que los fabrican, siempre que estas tomen las medidas de precaución a indicarse en este estudio.

Definición del Área de Influencia del Proyecto

La fabricación de los paneles de Fibropoliuretano se realizará en un taller o laboratorio semi cerrado, son necesarias estas características por la necesidad de secado bajo cubierta de los mismos.

Los desperdicios de su fabricación, son considerados como desperdicios de construcción y pueden ser depositados en escombreras de este tipo.

Descripción general del Entorno Afectado

Como se indicó anteriormente, la fabricación de los paneles se realizará en un taller o laboratorio semi cerrado, en donde se preverá tener todos los materiales de seguridad para el personal que los fabricará y todas las herramientas menores necesarias para este fin, incluyendo el proceso detallado de fabricación.

No existe afección a ningún medio físico-químico, biótico, perceptual, inerte, cultural, socioeconómico. El presente es un estudio en fase de laboratorio.

Elaboración de la Matriz de Impactos

Para este estudio, se identifican como acciones que posiblemente causen impactos, las que pueden producirse en el caso de que el personal de fabricación no aplique adecuadamente el proceso de fabricación y no prevea el uso de los equipos de seguridad en el momento del trabajo.

No existen acciones que modifiquen el uso del suelo, medio biótico, emisión de contaminantes, deterioro de paisaje o repercusión sobre infraestructuras, modificación del entorno social, económico y cultural.

“La matriz de importancia, es de tipo causa-efecto, la cual consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en las filas los factores medio ambientales susceptibles de recibir impactos”⁶⁷. Para la elaboración de la misma se toma en cuenta los siguientes elementos:

ELEMENTOS PARA ELABORACIÓN DE MATRIZ			
S	I	E	M
P	R	MC	IMP

FUENTE: GALLARDO, Pablo Ing. Notas de Evaluación de Impacto Ambiental, UPS

“SIGNO: (carácter) (S)

El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

INTENSIDAD: (destrucción) (I)

Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El rango de valoración estará comprendido entre 1 y 16, en que el 16 expresa una destrucción total del factor en el área en la se produce el efecto, y el 1 una afección mínima. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejarán situaciones intermedias.

EXTENSIÓN: (área de influencia) (E)

Se refiere el área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, o tiene una influencia generalizada en todo el entorno del proyecto, el impacto será total (8). Considerando las situaciones intermedias, según su gradación, tenemos los impactos parcial (2) y extenso (4)

⁶⁷ Ídem

MOMENTO: (aparición del efecto) (M)

Se encarga de determinar el tiempo que va a transcurrir entre el comienzo de la actividad y el comienzo del efecto o impacto. Se lo valora del 1 al 4, y cada valor califica lo siguiente:

- Momento inmediato, indica que es al instante y el tiempo es nulo. Se valora con el número 4.
- Corto plazo, indica que es menor a 1 año. Se lo valora con el número 3.
- Mediano plazo, indica que se encuentre entre 1 a 5 años. Se lo valora con el número 2.
- Largo plazo, indica que es mayor de 5 años. Se lo valora con el número 1.

PERSISTENCIA: (duración del efecto) (P)

Indica el tiempo que permanecerá el efecto, hasta que el factor vuelva a sus condiciones normales, se lo valora del 1 al 3, y cada valor califica lo siguiente:

- Efecto Fugaz, dura menos de un año, y su valor numérico es 1.
- Efecto Temporal, dura entre 1 y 10 años, y su valor numérico es 2.
- Efecto Permanente, dura más de 10 años, y su valor numérico es 3.

REVERSIBILIDAD: (reconstrucción) (R)

Es la capacidad de un factor ambiental en recuperar sus condiciones normales, por medios naturales. Se lo valora del 1 al 3, y cada valor indica lo siguiente:

- Corto plazo se lo valora con el número 1.
- Mediano plazo se lo valora con el número 2.
- Largo plazo se lo valora con el número 3.

MEDIDAS CORRECTORAS: (MC)

La posibilidad y el momento de introducir acciones o medidas correctoras para paliar o remediar los impactos, se testimonia de manera temporal, si no existe posibilidad de medida correctora (N), si la medida correctora debe ejecutarse en la fase de proyecto (P), si en la fase de obra o construcción (O) y si en la fase de funcionamiento (F)

IMPORTANCIA DEL IMPACTO: (IMP)

Esta indica la importancia del impacto por la intervención de todos los elementos antes mencionados. Se lo valora con la siguiente fórmula:

$$IMP = \pm (3I + 2E + M + P + R)$$

La importancia del impacto toma valores entre 8 y 100, presenta valores intermedios entre 40 y 60, cuando opera alguna de las siguientes circunstancias.

- Intensidad total, y afección mínima de los restantes símbolos
- Intensidad muy alta o alta, y afección muy alta de alguno de los restantes símbolos.
- Intensidad alta, efecto irrecuperable y afección muy alta de alguno de los restantes símbolos.
- Intensidad medio o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos⁶⁸.

TABLA 8.6. ELEMENTOS PARA ELABORACIÓN DE MATRIZ DE IMPACTOS.

SIGNO (S) (Carácter)	INTENSIDAD (I) (Destrucción)	EXTENSIÓN (E) (Área de influencia)	MOMENTO (M) (Aparición del efecto)
Positivo (+)	Baja 1	Puntual 1	Largo plazo 1
Negativo (-)	Media 2	Parcial 2	Medio plazo 2
	Alta 4	Extenso 4	Corto plazo 3
	Muy alta 8	Total 8	Inmediato 4
	Total 16	Crítico ≤8	Crítico (+1 a 4)

PERSISTENCIA (P) (Duración del efecto)	REVERSIBILIDAD (R) (Reconstrucción)	MEDIDAS CORRECTORAS (MC)	IMPORTANCIA (IMP)
Fugaz 1	Corto plazo 1	Ejecución en fase proyecto P	IMP = ± (3I+2E+M+P+R)
Temporal 2	Medio plazo 2	Ejecución en fase obra O	
Permanente 3	Largo plazo 3	Ejecución en fase funcionamiento F	
		No existe medida correctora N	

FUENTE: Notas de Evaluación de Impacto Ambiental|. UPS, carrera de Ing. Civil|. Ing Pablo Gallardo

⁶⁸ Idem

TABLA 8.7. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL. EN LA FABRICACIÓN EN FASE DE LABORATORIO DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO.

FASE	FACTOR			IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	CALIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES						CALIFICACIÓN (IMP) $IMP = \pm (3I+2E+M+P+R)$	IMPORTANCIA
					S	I	E	M	P	R		
FABRICACIÓN EN LABORATORIO	MEDIO INERTE	Calidad del aire	Aire	Disminución de calidad del aire	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
			Aire	Dispersión y transporte de partículas	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
			Aire	Incremento de niveles de ruido	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
		Calidad del agua	Agua	Riesgo de contaminación	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
		Calidad del suelo	Suelo	Riesgo de contaminación	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
	MEDIO BIOTICO	Flora	Flora	Afectación de hábitat de especies	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
		Fauna	Fauna	Alteración o desplazamiento de especies	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
	MEDIO SOCIO-CULTURAL	Servicios e infraestructura	Humano	Cambios de infraestructura	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
		Humanos	Humano	Perturbación de las actividades típicas	-	1	1	4	1	1	11	Sin consideración
			Humano	Daños en la salud de los trabajadores	-	2	1	4	2	1	15	Sin consideración
	MEDIO ECONÓMICO	Economía	Humano	Aumento de Nivel de Empleo	+	2	1	2	1	2	13	Sin consideración
		Política	Humano	Seguimiento de normas de seguridad	+	1	1	2	2	4	13	Sin consideración

FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA, UPS, Enero 2012

8.2.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES MEDIO AMBIENTALES

8.2.1.1. Conclusiones.

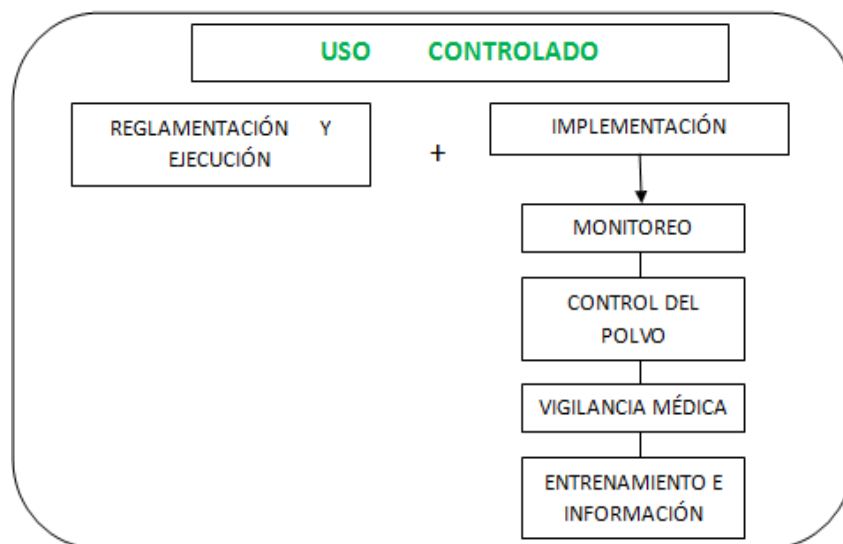
1. La fabricación en laboratorio, de los paneles de Fibropoliuretano no representa Impactos Ambientales considerables, debido al uso del proceso de fabricación el mismo que considera normas de seguridad y parámetros definidos para su elaboración.
2. En el trabajo realizado, no se genera ningún riesgo para las personas que manipulan los paneles de fibrocemento que se refiera al desprendimiento de las fibras que lo forman, debido a que las mismas se hallan encapsuladas con el aglutinante cemento que causa que no sean disgregables o desmenuzables en el momento de su manipulación o rotura.
3. No se considera peligroso el uso del Poliuretano, al ser trabajado en las proporciones correctas, en el ambiente de trabajo adecuado y con los materiales de seguridad pertinentes.

8.2.1.2. Recomendaciones

1. El personal a trabajar en la fabricación de los paneles de Fibropoliuretano, debe siempre llevar consigo puestos los elementos de seguridad, considerados para este fin: guantes de trabajo liviano, overol jean, zapatos punta de acero, gafas o lentes de seguridad, mascarillas o respiradores de control de polvo y fibra al 95%, tapones auditivos, casco de seguridad, cinturones para protección de cintura y espalda.
2. Para que un trabajo en laboratorio o en planta, no represente peligro para el personal que labora en el mismo, se debe considerar siempre, el concepto de

uso controlado, el mismo que se basa en evidencia científica que incluye parámetros que deben siempre tomarse en cuenta, ver figura 8.3.

FIGURA 8.3. USO CONTROLADO PARA SEGURIDAD INDUSTRIAL



FUENTE: ETERNIT ECUATORIANA S.A, MANUAL DE SEGURIDAD

3. Al ser este un trabajo en laboratorio, debe seguirse textualmente el proceso de fabricación detallado para este fin, en donde se recalca las cantidades exactas de material a usarse, los tiempos de mezclado, agitado, vertido, secado y desmoldado de los paneles en estudio.
4. Se debe anotar en cada prueba, todos los detalles que se generan en la misma, los cuales servirán como parámetros de medición, e indicarán las reacciones exactas que se generan en el proceso de fabricación.

CAPÍTULO IX

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

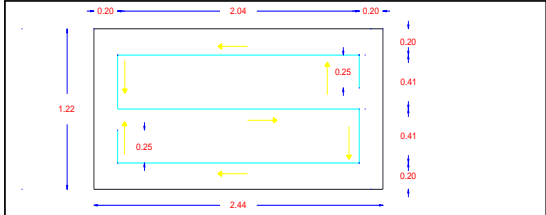
9.1. CONCLUSIONES

- Luego de un estudio de cada una de las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes de los diferentes materiales considerados y posibles a utilizarse en la investigación, se concluye; la conveniencia de utilizar las planchas planas de fibrocemento de Eternit Ecuatoriana S.A. y la espuma rígida de Huntsman Polyurethane (referirse subcapítulos 2.2.1.5 y 2.2.2.3); para la conformación del panel tipo sándwich.
- Para definir el proceso estándar de fabricación de los Paneles de Fibropoliuretano en su fase de laboratorio, se propusieron procedimientos de fabricación: entendidos como un conjunto de actividades que posibilitan identificar errores, comprender sus causas y tomar decisiones para superarlos. Los cuales luego de sus respectivas verificaciones generaron la optimización del proceso, sustentado en los indicadores y parámetros obtenidos, referirse subcapítulo 3.1 y 4.2.4, fichas de fabricación anexos: 4.1 al 4.28 y tabla 9.1.

Las variables estudiadas en esta pre investigación se presentan a continuación con los respectivos parámetros y definiciones, referirse tabla 9.1

- De acuerdo a la metodología de investigación planteada y ejecutada, según la cual se propone calificar el proceso de producción del panel, por medio de la identificación de la homogeneidad del mismo, sobre la base de resultados en laboratorio, del análisis de resultados obtenidos se concluye:

TABLA 9.1. INTERROGANTES PRE-INVESTIGADAS

PARÁMETROS PARA LA FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROPOLIURETANO	RESULTADOS OBTENIDOS
Proporción correcta de los componentes de la espuma de poliuretano	50% del peso del componente 1 (Isocianato) 50% del peso del componente 2 (Poliol)
Tiempo y velocidad de mezclado correctos de la espuma de poliuretano	1600 rpm velocidad de mezclado 10 seg tiempo de mezclado
Densidad correcta de la espuma de poliuretano	40 Kg/m ³ (± 2 Kg/m ³) , para obtener el espesor de ± 28 mm
Tiempo de vertido exacto para la espuma de poliuretano	4 seg en planchas pequeñas y 60 seg en planchas grandes
Forma de vertido correcto de la espuma de poliuretano	

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Enero 2012

9.1.1. PANEL N°1

TABLA 9.2. TABLA DE RESUMEN, PANEL N°1

VALORES	PROPIEDADES FÍSICAS				PROPIEDADES MECÁNICAS			
	DENSIDAD (Kg/m ³)		ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)		TRACCIÓN	CORTE	FLEXIÓN VIGA	FLEXIÓN
	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO	TIPO DE MUESTRA		ESFUERZO ULTIMO (MPa)	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)	CARGA DE ROTURA (N)
			SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO				
VALOR MAXIMO	517.33	500.64	0.020	0.132	0.11	0.10	4.80	3888.0
VALOR MINIMO	499.79	484.63	0.011	0.130	0.08	0.08	4.55	3497.7
VALOR PROMEDIO	509.14	493.80	0.016	0.131	0.09	0.09	4.64	3658.7
VARIANZA	43.74	36.39	0.00002	0.000002	0.0002	0.0002	0.01	27883.5
DESVIACIÓN. ESTD	6.61	6.03	0.005	0.001	0.02	0.01	0.12	167.0
COEF DESVIACIÓN	1.30%	1.22%	28.45%	1.00%	16.37%	14.76%	2.68%	4.56%
COEF DE ASIMETRÍA	-0.35	-0.79	-0.33	-1.56	1.56	-1.71	1.17	1.08

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

Propiedades físicas:

▪ Densidad

Norma de referencia

[ASTM C271/C271M-11 Standard Test Method for Density of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C271/C271M-11 Método de prueba estándar para determinar la densidad del núcleo sándwich.

El coeficiente de desviación en el ensayo de densidad tiene un valor de 1.30% antes del aclimatamiento y 1.22% después del aclimatamiento, siendo estos

valores estadísticamente aceptables y por tanto, indicando homogeneidad del panel tomando en cuenta que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel (referirse tabla 7.1)

- Absorción de agua

Norma de referencia

[ASTM C272-01\(2012\) Standard Test Method for Water Absorption of Core Materials for Structural Sandwich Constructions](#)

ASTM C272-01 (2012) Método de prueba estándar para la absorción de agua de los materiales núcleo para construcciones Sándwich

Los valores de coeficiente de desviación estándar en el ensayo de absorción de agua en las muestras de cuerpo completo tienen un valor de 1.0%, definiéndose bajo este parámetro, que existe homogeneidad del panel.

El valor de coeficiente de desviación, correspondiente al ensayo de absorción de agua aplicado a la muestra solo de núcleo poliuretano es de 28.45%, valor considerado muy alto definiendo por lo tanto inestabilidad de este material. Cabe indicar que en este mismo ensayo, muestras de cuerpo completo alcanzan de coeficiente de desviación de 1%, concluyendo, que las placas de fibrocemento funcionan como barreras a la absorción, y la inestabilidad del panel ya conformado no es evidenciada. Por tanto el ensayo de absorción de agua aplicado a la muestra sólo de núcleo no es determinante en la calificación de homogeneidad del panel.

Propiedades mecánicas:

- Tracción

Norma de referencia

[ASTM C297/C297M-04\(2010\) Standard Test Method for Flatwise Tensile Strength of Sandwich Constructions](#)

ASTM C297/C297M-04 (2010) Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción Flatwise de Construcciones Sándwich

En el ensayo de tracción el valor de coeficiente de desviación en el parámetro de esfuerzo último es de 16.37%, y una desviación estándar de 0.02MPa. Las

variaciones obtenidas en los ensayos individuales para el panel se encuentran en un rango de 0.09 y 0.11MPa, datos que a pesar de tener un valor de coeficiente elevado, permite concluir que el material se mantiene en parámetros aceptables para calificarlo como homogéneo.

- Corte

Norma de referencia

[ASTM C273/C273M-11 Standard Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials](#)

ASTM C273/C273M-11 Método de Prueba Estándar para las propiedades de corte de los materiales básicos Sándwich

Los valores individuales en este ensayo varían entre un valor máximo de 0.10MPa, mínimo de 0.08 MPa y promedio de 0.09 MPa, datos que a pesar de tener un valor de coeficiente de desviación de 14.76%, se consideran homogéneos, al ser cercanos, y arrojan una desviación estándar de 0.01 MPa.

Se justifican los valores de coeficiente de variación de 14.76 y 16.37% para corte y tracción respectivamente. Considerando que, a pesar de estar sustentados, los procedimientos en ensayos normativos que fueron estudiados y analizados, se determina que las operaciones definidas en estas normativas para el panel propuesto tienen deficiencias:

- En la calificación de la adherencia entre el fibrocemento y el poliuretano.
- En la extracción de las probetas.

La calificación de la adherencia fue estudiada por los autores de esta investigación proponiendo un método de calificación de la zona de adherencia o desprendimiento, el tipo, área, localización de la falla y porcentaje de material adherido en cada cara del panel luego de la rotura, (referirse tablas 3.3 y 3.4), sin embargo, los resultados de esta calificación no fueron los esperados, en algunos ensayos el porcentaje de calificación visual de adherencia no concordaba con la fuerza aplicada a la muestra, valores altos de adherencia visual, con valores bajos de fuerza o viceversa

En la elaboración de la probeta, inicialmente las dimensiones sugeridas en la norma ASTM C-297 no fueron posibles de ejecutar, se producían alteraciones graves en las probetas por la agresividad de corte, a pesar de esto se obtuvieron probetas por reducción, a través del pulido manual de una dimensión mayor hasta llegar a una dimensión aceptada por la norma, sin embargo, al analizar los resultados se verifica que no se consiguió una probeta en condiciones adecuadas, revelándose esto en los valores altos de coeficiente de desviación.

El valor de coeficiente de variación que se encuentra aceptado como homogéneo, se encuentra más influenciado por el procedimiento de preparación del ensayo, que por la naturaleza o propiedades del material. Por tanto, se concluye que el valor de coeficiente de desviación en los ensayos de tracción y corte, a pesar de no ser los esperados no demuestra deficiencias de homogeneidad en el panel.

- Flexión – viga

Norma de referencia

[ASTM D7250/D7250M-06 \(2012\) Standard Practice for Determining Sandwich Beam Flexural and Shear Stiffness](#)

ASTM D7250/D7250M-06 (2012) Práctica estándar para la determinación del haz a flexión y rigidez a cortante del Sándwich.

El coeficiente de desviación en el ensayo de flexión tiene un valor de 2.68%, siendo este valor estadísticamente aceptable y por tanto, indican homogeneidad del panel, teniendo en cuenta que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel (referirse tabla 7.1)

- Flexión

Norma de referencia

[ASTM C551-07 Standard Specification for Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels](#)

ASTM C551-07 Especificación estándar para la Fibra de asbesto-cemento en paneles aislantes.

El coeficiente de desviación en el ensayo de flexión, donde se verifica la carga de rotura tiene un valor de 4.56%, siendo este valor estadísticamente aceptable y por

tanto, señala homogeneidad del panel, tomando en cuenta que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel.

- Se confirma la homogeneidad del panel N°1, al que se subdividió en diferentes zonas significativas, que permitieron la extracción de probetas normalizadas, para los diferentes ensayos. Los resultados obtenidos de estas pruebas dieron valores muy semejantes de coeficientes de desviación (tal como ya se analizó), demostrando, por tanto, que el panel N°1 es homogéneo.

9.1.2. PANEL N° 2

TABLA 9.3. TABLA DE RESUMEN, PANEL N°2

VALORES	PROPIEDADES FÍSICAS				PROPIEDADES MECÁNICAS			
	DENSIDAD (Kg/m ³)		ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)		TRACCIÓN	CORTE	FLEXIÓN VIGA	FLEXIÓN
	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO	TIPO DE MUESTRA		ESFUERZO ULTIMO (MPa)	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)	CARGA DE ROTURA (N)
			SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO				
VALOR MAXIMO	524.65	524.46	0.030	0.134	0.11	0.08	4.71	3307.2
VALOR MINIMO	500.98	500.11	0.017	0.131	0.07	0.07	4.07	3070.7
VALOR PROMEDIO	514.66	513.49	0.025	0.133	0.09	0.07	4.38	3144.7
VARIANZA	102.49	106.01	0.00003	0.000003	0.0002	0.0001	0.08	12258.4
DESVIACIÓN. ESTD	10.12	10.30	0.005	0.002	0.01	0.01	0.29	110.7
COEF DESVIACIÓN	1.97%	2.01%	21.61%	1.25%	15.71%	9.57%	6.61%	3.52%
COEF DE ASIMETRÍA	-0.95	-0.62	-0.91	-1.61	-0.88	1.71	0.35	1.76

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

Propiedades físicas:

- Densidad, NORMA ASTM C271

El coeficiente de desviación en el ensayo de densidad tiene un valor de 1.97% antes del aclimatamiento y 2.01% después del aclimatamiento, siendo estos valores estadísticamente aceptables y por tanto, indican homogeneidad del panel teniendo en cuenta que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel (referirse tabla 7.1)

- Absorción de agua, NORMA ASTM C272

En las muestras de cuerpo completo se obtienen un valor de coeficiente de variación de 1.25%, indicando homogeneidad del panel teniendo en consideración que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel.

Propiedades mecánicas:

- Tracción, NORMA ASTM C297

Los valores individuales en este ensayo varían entre un valor máximo de 0.11MPa, mínimo de 0.07 MPa y promedio de 0.09 MPa, datos que a pesar de tener un valor de coeficiente de desviación de 15.71%, al ser próximos se consideran homogéneos, y arrojan una desviación estándar de 0.01MPa.

- Corte, NORMA ASTM C273

Los valores individuales en este ensayo varían entre un valor máximo de 0.08MPa, mínimo de 0.07 MPa y promedio de 0.07 MPa, datos que a pesar de tener un valor de coeficiente de desviación de 9.57%, al ser cercanos se consideran homogéneos de tal forma que arrojan una desviación estándar de 0.01MPa.

- Flexión – viga, NORMA ASTM D7250

El coeficiente de desviación en el ensayo de flexión tiene un valor de 6.61%, siendo este valor estadísticamente aceptable y por tanto, indican homogeneidad del panel, teniendo en cuenta que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel.

- Flexión, NORMA ASTM C551

El coeficiente de desviación en el ensayo de flexión, donde se verifica la carga de rotura tiene un valor de 3.52%, siendo este valor estadísticamente aceptable y por tanto, señala homogeneidad del panel, considerando que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel.

- De acuerdo al análisis de cada uno de los resultados obtenidos en los ensayos se concluye que el panel N°2 es homogéneo.

9.1.3. PANEL N° 3

TABLA 9.4. TABLA DE RESUMEN, PANEL N°3

VALORES	PROPIEDADES FÍSICAS				PROPIEDADES MECÁNICAS			
	DENSIDAD (Kg/m ³)		ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)		TRACCIÓN	CORTE	FLEXIÓN VIGA	FLEXIÓN
	ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO	TIPO DE MUESTRA		ESFUERZO ULTIMO (MPa)	ESFUERZO FINAL DE CORTE (MPa)	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)	CARGA DE ROTURA (N)
			SOLO NÚCLEO	CUERPO COMPLETO				
VALOR MAXIMO	533.84	531.87	0.026	0.129	0.10	0.10	4.15	3733.3
VALOR MINIMO	500.33	497.17	0.021	0.123	0.08	0.07	3.95	3030.9
VALOR PROMEDIO	523.42	519.92	0.023	0.127	0.08	0.09	4.05	3325.3
VARIANZA	246.71	246.94	0.00001	0.00001	0.0001	0.0003	0.01	103087.8
DESVIACIÓN. ESTD	15.71	15.71	0.002	0.003	0.01	0.02	0.09	321.1
COEF DESVIACIÓN	3.00%	3.02%	10.50%	2.36%	12.73%	19.05%	2.11%	9.66%
COEF DE ASIMETRÍA	-1.78	-1.62	1.31	-1.36	1.82	-1.51	-0.34	0.68

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

Propiedades físicas:

- Densidad, NORMA ASTM C271

El coeficiente de desviación en el ensayo de densidad tiene un valor de 3.00% antes del aclimatamiento y 3.02% después del aclimatamiento, siendo estos valores estadísticamente aceptables y por tanto, señala homogeneidad del panel, teniendo en cuenta que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel (referirse tabla 7.1)

- Absorción de agua, NORMA ASTM C272

En las muestras de cuerpo completo se obtienen un valor de coeficiente de variación de 2.36%, indica homogeneidad del panel, considerando que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel.

Propiedades mecánicas:

- Tracción, NORMA ASTM C297

Los valores individuales en este ensayo varían entre un valor máximo de 0.10MPa, mínimo de 0.08 MPa y promedio de 0.08 MPa, datos que a pesar de

tener un valor de coeficiente de desviación de 12.73%, se considera homogéneos, de tal forma que arrojan una desviación estándar de 0.01 MPa.

- Corte, NORMA ASTM C273

Los valores individuales en este ensayo varían en un valor máximo de 0.10 MPa, mínimo de 0.07 MPa y promedio de 0.09 MPa, datos que a pesar de tener un valor de coeficiente de desviación de 19.05%, al ser próximos se considera homogéneos, de tal forma que arrojan una desviación estándar de 0.02 MPa.

- Flexión – viga, NORMA ASTM D7250

El coeficiente de desviación en el ensayo de flexión tiene un valor de 2.11%, siendo este valor estadísticamente aceptable y por tanto, indica homogeneidad del panel teniendo en cuenta que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel. (Referirse tabla 7.1)

- Flexión, NORMA ASTM C551

El coeficiente de desviación en el ensayo de flexión, donde se verifica la carga de rotura tiene un valor de 9.66%, siendo este valor estadísticamente aceptable y por tanto, indicando homogeneidad del panel, considerando que los especímenes para los ensayos fueron extraídos de distintas zonas del panel.

- De acuerdo al análisis de cada uno de los resultados obtenidos en los ensayos se concluye que el panel N°3 es homogéneo.

9.1.4. ANÁLISIS ENTRE PANELES

A continuación se presentan los cuadros que compilan los resultados por ensayo de todas las pruebas. Para las propiedades físicas se tienen los ensayos de densidad y absorción de agua; para las propiedades mecánicas se tiene los ensayos de tracción, corte, flexión – viga y flexión, en los mismos se obtiene:

Propiedades físicas:

- Densidad, NORMA ASTM C271

TABLA 9.5. RESUMEN ENSAYO DE DENSIDAD

DENSIDAD
Total de muestras ensayadas: 13

	N° MUESTRA	DENSIDAD (Kg/m3)	
		ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	DESPUÉS DEL ACLIMATAMIENTO
PANEL 1	1	506.44	500.64
	2	517.33	494.52
	3	499.79	497.14
	4	509.37	484.63
	5	512.77	492.05
PANEL 2	1	513.88	511.88
	2	524.65	524.46
	3	500.98	500.11
	4	519.12	517.51
PANEL 3	1	533.84	531.87
	2	532.78	528.64
	3	500.33	497.17
	4	526.74	522.01
VALOR MÁXIMO		533.84	531.87
VALOR MINIMO		499.79	484.63
VALOR PROMEDIO		515.23	507.89
VARIANZA		139.82	241.85
DES. ESTÁNDAR		11.82	15.55
COEF DESVIAC		2.29%	3.06%
COEF ASIMETRIA		0.21	0.23

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- Los valores de coeficiente de desviación de la densidad antes y después del aclimatamiento se ubican en el 2.29% y 3.06% respectivamente siendo mayor a los valores obtenidos en cada uno de los paneles. Sin embargo, se conserva un valor de desviación aceptable guardando un rango de uniformidad en su proceso de fabricación. Por tanto, los tres paneles analizados son homogéneos.

- Absorción de agua, NORMA ASTM C272

TABLA 9.6. RESUMEN ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA

ABSORCIÓN AGUA POR UNIDAD DE VOLUMEN

Total de muestras ensayadas (cuerpo completo): 9

	N° MUESTRA	ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL (gr/cm ³)
PANEL 1	1	0.132
	2	0.130
	3	0.132
PANEL 2	1	0.134
	2	0.133
	3	0.131
PANEL 3	1	0.129
	2	0.128
	3	0.123
VALOR MÁXIMO		0.134
VALOR MINIMO		0.123
VALOR PROMEDIO		0.130
VARIANZA		0.00001
DES. ESTÁNDAR		0.003
COEF DESVIAC		2.56%
COEF ASIMETRIA		-1.14

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- El valor de coeficiente de desviación de la absorción de agua del panel completo, es estadísticamente aceptable 2.56%, por tanto existe homogeneidad de los tres paneles analizados.

Propiedades mecánicas:

- Tracción, NORMA ASTM C297

TABLA 9.7. RESUMEN ENSAYO DE TRACCIÓN

TRACCIÓN		
Total de muestras ensayadas: 15		
	N° MUESTRA	ESFUERZO ULTIMO (MPa)
PANEL 1	1	0.09
	2	0.08
	3	
	4	
	5	0.11
	6	
PANEL 2	1	
	2	0.11
	3	0.10
	4	0.09
	5	0.07
PANEL 3	1	0.08
	2	0.08
	3	0.08
	4	0.10
VALOR MÁXIMO		0.11
VALOR MÍNIMO		0.07
VALOR PROMEDIO		0.09
VARIANZA		0.0002
DES. ESTÁNDAR		0.01
COEF DESVIAC		14.91%
COEF ASIMETRIA		0.30

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- Los valores individuales en este ensayo varían entre un valor máximo de 0.11MPa, mínimo de 0.07MPa y promedio de 0.09MPa, datos que a pesar de tener un valor de coeficiente de desviación de 14.91%, se consideran uniformes, al ser cercanos de tal forma que arrojan una desviación estándar de 0.01 MPa, por tanto se concluye, que los 3 paneles presentan homogeneidad.

- Corte, NORMA ASTM C273

TABLA 9.8. RESUMEN ENSAYO DE CORTE

CORTE

Total de muestras ensayadas: 14

	N° MUESTRA	ESFUERZO ULTIMO (MPa)	
PANEL 1	1		Muestra desechada
	2	0.10	
	3	0.10	
	4	0.08	
PANEL 2	1	0.07	Muestra desechada
	2		
	3	0.07	
	4	0.08	
	5		Muestra desechada
PANEL 3	1		Muestra desechada
	2	0.10	Muestra desechada
	3	0.07	
	4	0.10	
	5		
VALOR MÁXIMO		0.10	
VALOR MINIMO		0.07	
VALOR PROMEDIO		0.09	
VARIANZA		0.0002	
DES. ESTÁNDAR		0.01	
COEF DESVIAC		16.64%	
COEF ASIMETRIA		0.02	

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- Los valores individuales en este ensayo varían entre un valor máximo de 0.10MPa, mínimo de 0.07 MPa y promedio de 0.09MPa, datos que a pesar de tener un valor de coeficiente de desviación de 16.64%, se consideran uniformes, al ser cercanos de tal forma que arrojan una desviación estándar de 0.02 MPa, concluyendo, que los 3 paneles presentan homogeneidad.

- Flexión – viga, NORMA ASTM D7250

TABLA 9.9. RESUMEN ENSAYO DE FLEXIÓN – VIGA

FLEXIÓN - VIGA		
Total de muestras ensayadas: 15		
	N° MUESTRA	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)
PANEL 1	1	
	2	4.56
	3	4.55
	4	4.66
	5	4.80
PANEL 2	1	4.65
	2	4.71
	3	4.07
	4	4.28
	5	4.17
PANEL 3	1	
	2	4.09
	3	4.15
	4	4.03
	5	3.95
VALOR MÁXIMO		4.80
VALOR MINIMO		3.95
VALOR PROMEDIO		4.36
VARIANZA		0.09
DES. ESTÁNDAR		0.30
COEF DESVIAC		6.91%
COEF ASIMETRIA		0.11

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- El valor de coeficiente de desviación del esfuerzo último de flexión, es estadísticamente aceptable al tener un valor de 6.91%, por tanto existe homogeneidad de los tres paneles analizados.

- Flexión, NORMA ASTM C551

TABLA 9.10. RESUMEN ENSAYO DE FLEXIÓN

FLEXIÓN

Total de muestras ensayadas: 16

	N° MUESTRA	CARGA DE ROTURA (N)	
PANEL 1	1		Muestra desechada
	2		Muestra desechada
	3	3888.0	
	4	3497.7	
	5	3661.9	
	6	3587.0	
PANEL 2	1	3307.2	
	2	3078.3	
	3	3070.7	
	4	3122.7	
	5		Muestra desechada
PANEL 3	1		Muestra desechada
	2	3110.9	
	3	3426.1	
	4	3030.9	
	5	3733.3	

VALOR MÁXIMO	3888.0
VALOR MINIMO	3030.9
VALOR PROMEDIO	3376.2

VARIANZA	88498.8
DES. ESTÁNDAR	297.49
COEF DESVIAC	8.81%
COEF ASIMETRIA	0.34

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

- El valor de coeficiente de desviación en el ensayo de flexión, donde se verifica la carga de rotura, es estadísticamente aceptable al tener un valor de 8.81%, por tanto existe homogeneidad de los tres paneles analizados.

9.1.5. CONCLUSIONES FINALES

- Los valores de coeficiente de desviación (variación entre datos), de los ensayos de densidad, absorción de agua, flexión – viga, y flexión en panel, se ubican dentro de un rango de 2.29 a 8.81%, precisando estos valores dentro de un parámetro estadístico, una homogeneidad aceptable. En tanto, los valores de coeficiente de desviación a tracción y corte, a pesar de las dificultades presentadas en los métodos de ensayo, no controladas por no estar dentro del alcance de la investigación, definen también la homogeneidad del panel.
- Teniéndose en cuenta que los paneles fueron fabricados en diferentes fechas bajo un mismo sistema de fabricación estándar, y los resultados obtenidos de los 3 paneles ensayados, estudiados en forma individual y luego comparados en su totalidad para cada ensayo; generan datos estadísticamente aceptables, se concluye que el proceso y metodología utilizados en la presente investigación son los adecuados
- Como respuesta del panel ante las solicitaciones aplicadas en los diferentes ensayos, se desarrolla un primer intento de describir las características propias de este panel, las mismas que se detallan, en la tabla 9.11.
- El objetivo principal de la primera fase de esta investigación se cumple a cabalidad, con todo lo anteriormente expuesto se concluye que: la metodología aplicada y el proceso estandarizado para la fabricación del panel, expuestos en la presente investigación, correctamente reproducidos, pueden generar un panel de características homogéneas.

Pudiendo continuarse con la investigación, hasta llegar al posible uso de este panel como mamposterías en general.

TABLA 9.11. PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS, PANELES DE FIBROPOLIURETANO

PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS. PANELES DE FIBROPOLIURETANO			
PROPIEDAD	UNIDADES	MAXIMO	MINIMO
PROPIEDADES FÍSICAS			
DIMENSIONES (Panel Completo)			
LARGO	mm	2441.4	2435.4
ANCHO	mm	1222.2	1216.2
ESPESOR	mm	46.2	41.8
DENSIDAD			
ANTES DEL ACLIMATAMIENTO	(Kg/m ³)	533.84	499.79
DESPUES DEL ACLIMATAMIENTO	(Kg/m ³)	531.87	484.63
ABSORCIÓN AGUA X UNID DE VOL			
SOLO NÚCLEO	(gr/cm ³)	0.030	0.011
PANEL COMPLETO	(gr/cm ³)	0.134	0.123
PROPIEDADES MECÁNICAS			
TRACCIÓN			
ESFUERZO ULTIMO	(MPa)	0.11	0.07
CORTE			
ESFUERZO FINAL DE CORTE	(MPa)	0.10	0.07
VIGA FLEXIÓN			
ESFUERZO DE FLEXIÓN	(MPa)	4.80	3.95
FLEXIÓN PANEL			
CARGA DE ROTURA	(N)	3888.0	3030.9
FUENTE: MARIBEL ALBAN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012			

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

9.1.6. PANEL N° 4

- Se sometió al panel N° 4, a un proceso intensivo de envejecimiento en laboratorio bajo la norma ASTM C481, para luego aplicar a las probetas que resistieron dicho proceso, a solicitaciones de ensayo. Siendo estas las de corte y flexión. Se destaca una disminución en sus valores de resistencia de 35.18% en el esfuerzo de corte y 51.37% en el ensayo de flexión donde se

verifica la carga de rotura. Por tanto, se concluye que el panel no es estable a la presencia prolongada de estados cíclicos intensivos de humedad, condensación y altas temperaturas.

TABLA 9.12 TABLA DE RESUMEN, PANEL N°4

ENSAYO REALIZADO	% DEGRADACIÓN
C273 PROPIEDAD MECÁNICA - CORTE	35.18%
C551 PROPIEDAD MECÁNICA - FLEXIÓN	51.37%

FUENTE: MARIBEL ALBÁN, GUSTAVO GUALOTUÑA. UPS. Septiembre 2012

9.1.7. CONCLUSIONES AMBIENTALES

- Al ser un proceso estandarizado la fabricación, corte, y manipulación de los Paneles de Fibropoliuretano, no presentan riesgo de afectación a la salud pública y al medio ambiente, siempre y cuando sean tomadas todas las medidas de seguridad y protección indicadas en el capítulo 7.
- Para el trabajo de corte de los paneles, se recomienda: realizarlos en ambientes ventilados y en lo posible al aire libre con el respectivo equipo de seguridad (Mascarilla, guantes de trabajo liviano, gafas de protección, protector auditivo y overol) buscando de esta manera no afectar al operario, la población general, ni al medio ambiente.

9.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda para una posible mejora de la vida útil de los paneles de Fibropoliuretano:

- En el caso de sus caras seguir lo recomendado para planchas de fibrocemento: sellarlas con impermeabilizantes, pinturas o mezcla de agua con resina, etc.
- Y en el caso de su perímetro o bordes se recomienda la utilización de una banda impermeabilizante “alumband”⁶⁹, o sellar el perímetro con una lámina de hierro galvanizado que puede ser colocada al momento de su fabricación, la misma que servirá también como protección para su transporte y manipulación.

Las precisiones técnicas que brinden una óptima solución a las recomendaciones anteriores, será motivo de una investigación subsecuente.

1. En busca de mejorar los indicadores de adherencia y la extracción de muestras para los ensayos de tracción y corte, se recomienda en una posterior investigación, dar solución o generar nuevos mecanismos y metodologías frente a los problemas evidenciados en dichos ensayos.
2. En el caso de haberse solucionados las recomendaciones antes expuestas, para continuar con la búsqueda del objetivo principal de la investigación, el posible uso del Panel de Fibropoliuretano como mampostería, se recomienda investigar la modulación para las diferentes necesidades constructivas existentes en el mercado.

⁶⁹ Sistema CHOVA; www.servitechosecuador.com/impermeabilizacion-techos-chova-sika-impac-polibrea.php

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- INEC, *VI Censo de Población y V de vivienda 2001, Resultados Definitivos, Resumen Nacional*, República del Ecuador, 2002.
- INEC, *Encuesta Nacional de ingresos y gastos de hogares urbanos – Enighu, Resultados anuales*, República del Ecuador, Febrero 2003 – Enero 2004, Tomo I Nacional Urbano.
- INEC, *Datos de límites de los quintiles de Ingreso Per cápita de la encuesta nacional de ingresos y gastos de hogares nacional – rural*. República del Ecuador, Febrero 2003 – Enero 2004.
- INEC y BID, *Compendio de resultados definitivos de la encuesta de condiciones de vida*, Quinta ronda, República del Ecuador, Noviembre 2005 – Octubre 2006.
- INEC y otros, *Estimulación y proyecciones de población*, Quito – Ecuador, Marzo de 1990.
- MOIA, José Luis, *Proyecto de Viviendas*, 2da edición, Editorial América Lee, Buenos Aires - Argentina, 1961.
- KONCZ, Tihamér Ing, *Manual de la construcción prefabricada*, Ediciones Herman Blune, España, 1973, Tomo I
- DIRECCIÓN GENERAL DE EQUIPAMIENTO URBANO Y VIVIENDA, *Elementos para una política nacional de vivienda*, Editorial SAHOP, México CIUDAD de México, 1977.
- SINGER, Ferdinand y PYTEL Andrew, *Resistencia de materiales*, 3era edición, Editorial Harla, México, 1999.

INSTITUCIONES.

- INEC, Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos.
www.inec.gob.ec
- INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización
www.inen.gob.ec
- Secretaria de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito
www.quitoambiente.gob.ec
- ASTM, American Society for Testing and Materials
www.astm.org

INTERNET

- Aglomerados Cotopaxi S.A.
www.cotopaxi.com.ec
- Panel Rey
www.panelrey.com
- Eternit Ecuatoriana S.A.
www.eternit.com.ec
- Poliexpandidos
www.poliex.com.ec
- Poliespuma
www.bostik.es
- Huntsman Poliuretanos
www.huntsman.com

- Grupo Quimipac
www.quimipac.com.ec
- Ministerio de Trabajo y asuntos sociales de España
www.insht.es
- Instituto del Crisolito, Montreal, Quebec, Canadá.
www.chysotile.com
- Sistema Chova
www.servitechosecuador.com/impermeabilizacion-techos-chova-sika-impac-polibrea.php
- Wikipedia, enciclopedia
www.wikipedia.org
- Sika Ecuatoriana S.A.
www.ecu.sika.com
- Universidad Politécnica Salesiana
http://dspace.upse.edu.ec/bitstream/123456789/923/7/Capitulo_3.pdf
- Mercado de Únicos
<http://pocosyunicos.com>
- Asociación Española para la calidad
<http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-astm>

PUBLICACIONES PERIÓDICAS O REVISTAS

- VALVERDE, Jorge Ing., “Profesor titular de Ingeniería Civil Escuela Politécnica Nacional, riesgo sísmico en el Ecuador”, *Diario El Comercio*, Quito - Ecuador, lunes 21 de marzo del 2011.
- PUDSACK, *Morfología del amianto crisotilo*, revista el mineralogista, Vol. 51, New York, EEUU, junio de 1966.
- BERNSTEIN David M Dr. y Hoskins John A Dr., Consultores en Toxicología Suiza y Reino Unido respectivamente, *Estudio para el diario de Regulación y Farmacología*, año 2006

SIMPOSIOS, SEMINARIOS Y CONGRESOS

- GALLARDO, Pablo Ing. *Notas de Evaluación de Impacto Ambiental*, Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ing. Civil, Quito, año 2004.